

# 核能簡訊

NUCLEAR  
NEWSLETTER

全球增溫超過攝氏1.5度 將發生致命「十災」  
德國核電廠的除役經驗  
安全設備升級若延後 日本機組將面臨關閉  
芬蘭期望能在二〇三五年實現碳中和  
借助核技術打擊依波拉病毒

## 窺探藝術油畫 背後的秘密



編  
者  
的  
話

全球暖化日益劇烈，日本環境省曾經預估 2100 年恐怕會出現全年「激夏」；印度破紀錄的暴雨造成建築物倒塌，水患影響了 700 多個村莊，40 萬人受影響；墨西哥在酷暑天氣下突遭大冰雹襲擊，積雪深達 1 米；美國則出現強烈熱帶風暴巴瑞，華盛頓特區史上首次發布洪水預警警報，一個小時下了一個月的雨量，導致白宮進水，地鐵站成了水濺洞；南歐希臘的夏季本該乾熱，卻突然出現冰風暴導致死傷；法國則出現破紀錄的攝氏 45.9 度高溫，德國、波蘭、捷克也接連打破過往 6 月的紀錄，最高溫均達攝氏 40 度；就連極地也難逃熱浪席捲，溫度飆到半世紀以來的新高點。科學家憂心永凍層融化，有毒的汞和古老病毒因此釋出，嚴重性令人驚懼。

根據日本環境專家評估，以目前人類生活模式及能源使用狀況推估，百年後東京均溫會上升攝氏 4.8 度。這種環境狀況，早已不適合人類生存，再加上極端氣候災害肆虐，人類很可能從地球上消失。

其實，我們每個人都能為自己的環境盡一份心力；光成為一個可愛的都市農夫，積極從事種花、種菜，且綠化所有空間，就可以減少很多的二氧化碳量；還可以在海裡大量養殖蛤蜊類生物，因為牠們會捕捉大氣中的碳來合成養分，又可提供人類食用；繁殖海帶、海菜、海藻等海中植物，也有類似的功效。

一般人「聞輻色變」，聽到輻射就感到害怕，但沒想到它也有很浪漫的應用。將 x 射線、x 射線螢光分析、中子活化分析及放射性分析等技術應用於檢測藝術油畫上，可以透視油畫作品的底層，探索藝術家繪畫創作過程、鑑定畫作的真偽，還可提供相關訊息以供油畫保存修護之用。藉由輻射掃描出畫作顏料下的堆疊，還可推敲出藝術創作家的心理歷程，及其原始創作思維。後人在觀賞或揣摩畫作時，能有不一樣的體會與領悟。

本期的「健康快遞」提供喜歡吃燒烤的朋友一個好消息，美國化學學會《農業與食品化學期刊》研究指出，用啤酒浸泡肉品，可以減少烤肉時產生潛在有害致癌物的含量；今年中秋節大家不妨一試。此外，《營養與癌症期刊》的研究指出，薑黃素會增加結腸癌腫瘤細胞對化療藥物的敏感度而增加治療效果，還可減少 DNA 的損傷，提供讀者參考。☺

# 目錄

---

## 熱門話題

- 2 全球增溫超過 1.5°C 將發生致命「十災」 編輯室

## 封面故事

- 8 窺探藝術油畫背後的秘密 (上) 邱賜聰

## 專題報導

- 16 德國核電廠的除役經驗 編輯室

## 健康快遞

- 23 烤肉前用啤酒浸泡 可減少致癌物 編輯室  
24 可預防或治療癌症的香料 編輯室

## 科技新知

- 26 借助核技術打擊依波拉病毒 編輯室  
31 2019 年全球十大突破性技術 編輯室

## 核能脈動

- 32 烏克蘭尋求改善車諾比的形象 編輯室  
33 安全設備升級若延後 日本機組將面臨關閉 編輯室  
34 芬蘭期望能在 2035 年實現碳中和 編輯室  
36 俄羅斯浮動式核電廠獲准運轉 10 年 編輯室  
37 英國完成地質處置計畫的第一步 編輯室

## 核能新聞

- 38 國外新聞 編輯室  
41 國內新聞 編輯室

## 科普一下

- 42 什麼是「放射性」和「輻射」? (十五) 朱鐵吉

---

出版單位：財團法人核能資訊中心  
地 址：新竹市光復路二段一〇一號  
電 話：(03) 571-1808  
傳 真：(03) 572-5461  
網 址：<http://www.nicenter.org.tw>  
電子郵件：[nicenter@nicenter.org.tw](mailto:nicenter@nicenter.org.tw)  
發行人：朱鐵吉  
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、  
謝牧謙 (依筆畫順序)

主 編：朱鐵吉  
文 編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安  
執 編：長榮國際 文化事業本部  
設計排版：長榮國際 文化事業本部  
地 址：臺北市民生東路二段 166 號 6 樓  
電 話：02-2500-1175  
製版印刷：長榮國際股份有限公司 印刷廠  
行政院原子能委員會敬贈 廣告  
臺灣電力公司核能後端營運處敬贈 廣告

---



## 全球增溫超過 1.5°C 將發生致命「十災」

文 編輯室

2018 年夏天的氣候變動非常劇烈，有失控的野火、持續的乾旱、致命的洪水和破紀錄的炎熱高溫。儘管科學家在將個別天氣異常事件與氣候變遷劃上等號之前都非常謹慎，但已經發現人類活動所引起的全球氣溫升高的情況，其嚴重程度、可能性和持續時間都有增加。

同時，2018 年也是有史以來第 4 個最熱的年份，僅次於 2015、2016 和 2017 年。

巴黎氣候協議的目標是將全球氣溫上升控制在攝氏 1.5 至 2 度以內，但如果人們繼續採取現有的做法來面對氣候變遷，那麼到本世紀末有 93% 的可能性朝向增加攝氏 4 度前進，屆時將出現災難性的暖化現象。

1992 年來自世界各地的 1,700 名科學家共同發表了「警告人類的公開信」，宣稱如果人們不立刻停止對自然環境的破壞活動，人類就會與大自然發生「劇烈碰



撞」，措辭令人不寒而慄。這種世界末日的想法很容易被嘲笑，但是，如果地球滅亡的時間真的已經臨近，那麼以政治性的激勵行動似乎沒什麼作用。想想看，2017年，來自184個國家、超過15,000名科學家，在巴黎簽署了一份協議，這份協議不知道是1992年《京都議定書》的更新版、抑或是更加慘淡的辛酸版。

然而，名為「世界科學家對人類的警告：第二次通知」內容表明，上一封公開信中提出的許多環境挑戰，例如淡水資源枯竭、過度捕撈、生物多樣性銳減，人口不該持續增加等問題仍未得到解決，情況甚至更糟。

該信表示：「特別令人感到不安的是，當前由於燃燒化石燃料，砍伐森林和農業生產導致溫室氣體增加，推動災難性氣候變遷的軌跡，特別是來自反芻動物的肉類消費。」以及「我們已經啟動了大規模滅絕行動，這是大約5.4億年來的第6次，目前地球上的生命形態中，有許多可能會

在本世紀末被消滅。」並強調：「我們必須盡快從下墜崩毀的軌跡中改變路線，時間已經不多了。」

美國總統川普的政府團隊於2018年11月23日發布了第4次全國氣候評估報告，長達1,600頁的內容，是由13個聯邦機構編製的4年期報告。這份報告描繪出一幅特別嚴峻的畫面，其中有更頻繁的乾旱、洪水、野火和極端氣候，農作物產量下降，帶有疾病的昆蟲增加，以及海平面上升等，所有這些狀況都將使美國在21世紀末的國內生產總值減少1/10。

那麼，今年夏天我們會看到什麼？除非人類能有志一同採取行動，否則可以預期接下來的情況會更糟，我們將迎來氣候混亂的未來。預測將會有10個災難性的氣候變遷現象如下：

### 一、物種滅絕

根據2018年東安格利亞（East Anglia）大學、詹姆斯庫克（James Cook）大學和



生物物種大量且快速的消失，將影響到人類的生存；氣候變遷也使各國農作物減產、營養成分變少。



自 2016 年以來，至少有 8 個島嶼已經消失在太平洋中。

世界自然基金會（WWF）的一項研究分析，亞馬遜河是地球上生物多樣性最豐富的地區之一，因著未受控制的氣候變遷，它可能會失去大約 70% 的植物和兩棲類動物的物種，以及超過 60% 的鳥類、哺乳動物和爬蟲類動物。該研究分析氣候變遷對棲息在世界自然基金會設置的 35 個「優先場所」近 80,000 種植物、鳥類、哺乳類、爬蟲類和兩棲類動物所造成的影響。

生物多樣性如此快速消失實在難以置信，也勢必會影響人類的生存。作者警告說：「這不僅僅是關於特定地區、某些物種的消失，而是關於提供世界數億人重要生存所需的生態系統，所產生的深層變化。」

## 二、糧食和營養不足

氣候變遷使得非洲、南美洲、印度和歐洲的熱帶與亞熱帶地區失去大片的可耕地。對沿海國家而言，海平面上升可能會淹沒耕地，導致土地與飲用水含有鹽分。2017 年的研究表示，每升高攝氏 1 度將會使全球小麥平均產量減少 6%，稻米減產 3.2%，玉米減產 7.4%，大豆減產 3.1%。預計到 2050 年大氣中的二氧化碳含量將使稻米和小麥等主要作物的營養成分變少。這可能導致 1.75 億人缺少鋅，可能導致各種健康影響，包括生長和免疫功能受損；1.22 億人缺乏蛋白質，將導致水腫、肝細胞脂肪堆積、肌肉量損失和兒



童發育遲緩；超過 10 億的婦女和兒童可能會失去大部分鐵質的攝取量，增加他們罹患貧血和其他疾病的風險。

### 三、沿海城市和島嶼國家消失

根據聯合國氣候變遷專門委員會（IPCC）的第 5 次評估報告，除非我們立刻減少溫室氣體的排放，否則科學家們預測，到 2100 年海平面可能上升 3 英尺（約 1 公尺）。

一旦出現強烈風暴，可能會帶來巨浪，對生活在沿海地區的數百萬人造成毀滅性衝擊。美國國家海洋與大氣管理局（NOAA）2019 年初發布一份報告，預測在海平面上升 3 英尺的情況下，到 2100 年，邁阿密、紐約市和舊金山的部分地區每天都會淹水。

由於全球變暖，整個國家也可能被海水吞沒。南太平洋的基里巴提（Kiribati）是一個由 33 個環礁和礁島組成的國家，預計將成為第一個消失的國家。事實上，自 2016 年以來，至少有 8 個島嶼已經消失

在太平洋中，到 21 世紀中葉大多數珊瑚環礁將無法居住。

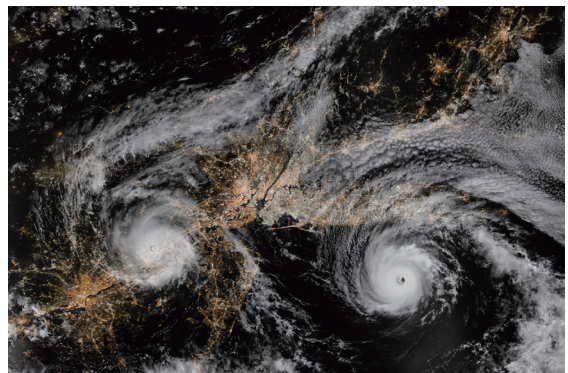
### 四、社會衝突與大規模遷徙

世界銀行（World Bank）在 2018 年 3 月發布一項結論：到 2050 年時將發生水資源短缺、農作物歉收和海平面上升的情況，造成 1.43 億人口流離失所。該報告的重點是撒哈拉以南的非洲、亞洲南部和拉丁美洲，占發展中國家人口的 55%，是最貧困和氣候最脆弱的地區，將受到最嚴重的影響。

### 五、致命的熱浪

2017 年的一項分析顯示，目前全球約有 30% 的人口每年至少遭受 20 天致命高溫和高濕的衝擊。研究人員表示，如果溫室氣體排放量繼續以目前的速度增加，全球將有 74% 的人口將經歷超過 20 天的致命熱浪。

「我們對環境的態度是如此的魯莽，以至於我們為未來做出了錯誤的選擇。」該研



本世紀以來，每年平均被野火燒毀的土地面積增加 77%，而全球的颶風變得更加強烈，降雨率也會持續升高。



永凍土迅速消失，釋出的甲烷將可能讓氣溫增加攝氏0.6度，為地球環境帶來嚴峻的挑戰。

究的主要作者夏威夷大學馬諾阿（Manoa）分校的卡米洛莫拉（Camilo Mora）說。

「對於熱浪，我們現在只能在『糟糕』或『恐怖』之間做選擇。」他補充道；「世界上已經有許多人因熱浪的傷害付出了最大的代價。」

### 六、更具破壞力的野火

2018 年 11 月燒毀超過 150,000 英畝的「營火（The Camp Fire）」，是加州歷史上最具破壞性的火災，造成至少 85 人死亡。

根據加州政府發布的第 4 次氣候變遷評估，未來這個「黃金州」的火災只會變本加厲。如果溫室氣體排放量繼續上升，燃燒面積超過 25,000 英畝的大火在本世紀

末將增加 50%，並且每年平均被野火燒毀的土地面積將增加 77%。

### 七、更頻繁、更強烈的颶風

溫暖的海水加上潮濕的空氣，就是颶風的燃料。美國國家海洋和大氣管理局 2018 年 6 月指出，氣候暖化可能會導致下個世紀全球的颶風變得更加強烈，降雨率也會比現今的颶風更高。

### 八、極冰和永凍土的融化

北極暖化速度是地球其他地區的兩倍，這將導致洋流、大氣環流、漁業、氣溫等巨大變化。因為不再由冰進行冷卻，所以地球會越來越熱，這將對格陵蘭島上的氣流產生影響，增加格陵蘭冰蓋的融化速度。

不僅如此，北極永凍土若開始融化，將導致土壤中的甲烷釋出，甲烷是一種比二氧化碳更強大的溫室氣體。此外，永凍土中含有 1.8 兆噸的碳，是目前懸浮在地球大氣層中的兩倍多。如果永凍土迅速消失，釋出的甲烷量將是巨大的危害，反映到氣候變遷可能是增加攝氏 0.6 度。這對全球氣候來說將是極嚴峻的挑戰。

### 九、病原體的散播

據《大西洋 (The Atlantic)》報導，永凍土層中充滿了病原體，它的融化可能會釋放出被凍結已久的細菌與病毒。而這個變暖的星球也擴大了蜱蟲、蚊子和其他攜帶疾病的生物的地理範圍。隨著氣溫升高，瘧疾在高海拔和高緯度地區出現，霍亂弧菌在高溫下更容易滋生。

### 十、珊瑚的死亡

海洋每天約吸收 2,200 萬噸的碳，吸收的碳越多，海水會變得越酸，這可能使一大群海洋生物面臨風險，包括珊瑚礁生態系統，依賴它們的數千種物種以及全球約 10 億人都依賴健康的珊瑚礁維持生計和收入。研究人員預測，隨著海水的酸化值提高，大多數珊瑚礁將在本世紀末逐漸消失。

雖然這些氣候預測是最糟糕的情況，但在我們變暖的世界中還有更多的危險等著我們。最近發表在《自然氣候變遷 (Nature Climate Change)》期刊上的一份報告指出，近年來共有 467 條氣候危害的證據，如變暖、熱浪、強降水、乾旱、洪水、火災、風暴、海平面上升，以及自

然土地覆蓋的變化和海洋的化學性，進而危害了人類健康、水、食物、經濟、基礎設施與安全。

### 很重要的 0.5 度

自 19 世紀以來，地球已經升溫攝氏 1 度。2018 年 10 月 IPCC 發布的一份報告，特別警告說，即使只有增溫半度多也可能導致災難性的結果。氣候變暖至關重要，因為升溫攝氏 1.5 度甚至更高，會增加長期、不可逆轉的變化相關的風險，例如某些生態系統永遠的消失。

我們應致力於將全球暖化限制在增溫攝氏 1.5 度以內，確保人類社會可以永續和公平的齊頭並進。🌱



我們應將全球暖化限制在增溫攝氏 1.5 度以內，以維護地球生態系統。

參考資料：

10 Worst-Case Climate Predictions if We Don't Keep Global Temperatures Under 1.5 Degrees Celsius, EcoWatch, 2019/06/03

<https://www.ecowatch.com/worst-case-climate-predictions-2624959003.html>





文 邱賜聰

輻射具有穿透物質的特性，仿如人們的第三隻眼睛，可以用來透視油畫作品的底層，探索藝術家的繪畫創作過程、鑑定畫作的真假，並可提供訊息以供油畫保存修護之用。輻射與藝術油畫的連結，可說是輻射與生活關係中最柔軟的一塊。

### 前言

自1895年德國物理學家侖琴(Roentgen)發現x射線之後，輻射科技隨即蓬勃發展，其民生應用非常普遍，無論在工業、醫療、學研、農業、文化等領域，皆扮演非常重要的角色，增進人類健康及生活福祉。

輻射具有能量，當與物質發生作用時會產生特定的物理現象，利用這些物理現象可以進行科學上的檢測與分析。以x射線為例，因其具有穿透物質的特性，很快就被應用到醫學的領域，讓醫生可以看見人體內部的狀況，對醫學診斷治療有很大助益。同樣的道理，x射線也可以用來檢測藝術油畫，揭露畫作表層底下隱藏的訊息，除有助於畫作的賞析，也可了解藝術家的繪畫過程及創作思維。

本文介紹x射線、x射線螢光分析、中子活化分析，及放射性分析技術，應用於藝術油畫的檢測分析，並列舉說明實際案例，讓讀者了解輻射科技在藝術油畫領域的應用情形，對輻射與生活的連結也有更多的認識。

### 油畫的構成

#### 1、油畫的基本構成

相較於粉彩畫、水彩畫或國畫，藝術油畫作品的結構較為複雜些。一幅油畫從內到外的構成，可能包含：基底材、上膠、畫布、草圖、打底、畫面層、凡尼斯層（保護畫面）等。油畫顏料不透明，人們在觀賞畫作時，只能看到眼前所見的畫面，但

無法得知眼前所見，是否與作品剛完成時相同，例如是否褪色或曾經修護，也無從了解畫作表層底下所隱藏的訊息。

油畫的基本顏料，通常包括色粉、固著劑及溶劑，通常是以亞麻仁油為固著劑，以松節油為溶劑，色粉就是有顏色的粉末，不同顏色的色粉，其所含的化學元素組成各不相同。油畫顏料化學元素成分的示意如圖 1，例如朱紅色含鋅、鎘、汞元素，蔚藍色含錫、銻、鉛、鉍元素，黃色含氯、鉀、鈣、鎘元素。油畫顏料不透明，其乾燥的時間很慢，畫家們有時間從容作畫，過程中可以隨時修改，層層堆疊，用不同的顏色覆蓋在原先的色彩上面。輻射可以穿透油畫的表層，檢測分析畫作底層的元素成分，再由成分推論底層的顏色及分布情形。

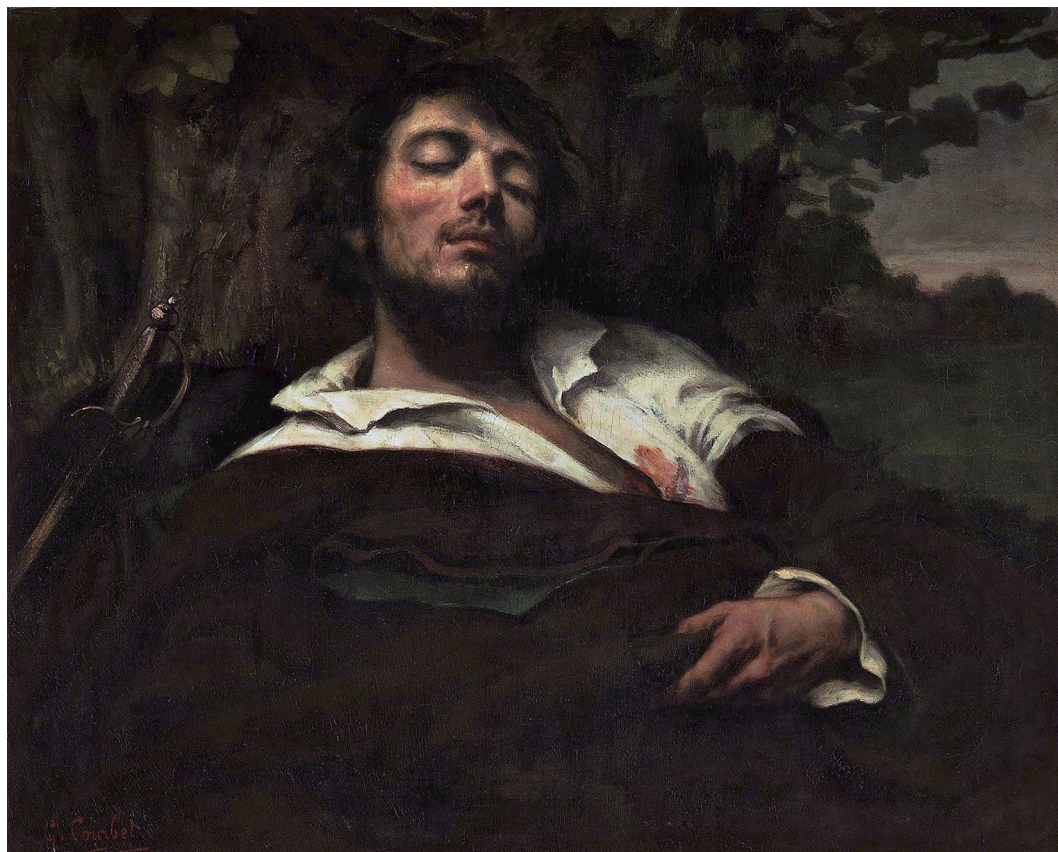
## 2、油畫作品的生命歷程

人們在美術館或博物館觀賞油畫作品時，會以為眼前所見就是當年作品完成時的樣貌，其實不盡然如此。油畫作品會隨歷史發生變遷，歲月本身就會留下痕迹，如同人們的一生，由呱呱落地、成長茁壯，而步入老弱風霜，油畫作品也會歷經創作過程、完成後的保管，以及未來修護保存 3 個階段。在油畫的創作過程中，藝術家可能隨時改變思維，調整或改變人物景象的姿勢或構圖，而即使畫作完成一段時日後，藝術家仍有可能基於某些因素再進行調整或修改，甚至在原有畫作上面重新繪製另一幅油畫。在層層顏料堆疊中，這些修改或覆蓋往往隱藏了畫作誕生的秘密。輻射科技仿如人們的第三隻眼睛，可以用來揭露油畫作品隱藏的真實，探索作品的

hydrogen (H) carbon (C) nitrogen (N) oxygen (O)	sodium (Na) magnesium (Mg) aluminum (Al) silicon (Si)	chlorine (Cl) potassium (K) calcium (Ca) barium (Ba)	phosphorus (P) sulphur (S) arsenic (As) selenium (Se)
Pigments containing H, C, N, and O	Pigments containing Na, Mg, Al, and Si	Pigments containing Cl, K, Ca, and Ba	Pigments containing P, S, As, and Se
tin (Sn) antimony (Sb) lead (Pb) bismuth (Bi)	titanium (Ti) vanadium (V) chromium (Cr) manganese (Mn)	iron (Fe) cobalt (Co) copper (Cu)	zinc (Zn) cadmium (Cd) mercury (Hg)
Pigments containing Sn, Sb, Pb, and Bi	Pigments containing Ti, V, Cr, and Mn	Pigments containing Fe, Co, and Cu	Pigments containing Zn, Cd, and Hg

圖 1. 油畫顏料的化學元素成分 (圖片來源: colourlex.com)





(上) 圖 2a. 受傷的男人。  
(下) 圖 2b. 受傷的男人 x 射線影像。  
(圖片來源: 巴黎奧賽美術館)

創作過程、鑑定真假、並提供資訊以供油畫未來保存修護之用。

### x 射線照相

x 射線照射物體，會與物體發生相互作用而衰減，物體內不同成分、密度、厚度的部位，對 x 射線的衰減會有差異，在 x 射線感光底片或成像板上的黑度就有所不同，可以藉此獲取物體內部成分的訊息。x 射線照相的應用領域很廣，其基本原理相同，用於醫學人體或油畫古物的檢測，均可透視其內部訊息，提供最直接的影像，而且一覽無遺。

雖然醫用的 x 光機也可用來檢測油畫作品，國內外也有許多檢測案例，但醫用 x 光機是針對人體設計，其輻射照野有限，遇到尺寸較大的油畫就難以一氣呵成，需分段照射再予組合成像，但影像解析度不是十分良好，操作上也較不方便。現在市面上已有專門用來檢測藝術油畫的 x 光機，針對大型畫作，以 x 光掃描整幅油畫並即時於儀器螢幕上立即顯像，作業上方便許多，而且影像清晰有利於判讀。

## 受傷的男人

法國知名寫實主義畫家庫爾貝（Gustave Courbet），生平 1819-1877 年，於 20 多歲時創作了一幅「受傷的男人（The Wounded Man）」，畫作現存巴黎奧賽美術館。圖 2a 為「受傷的男人」畫作，人們在觀賞此畫時，會認為男子在樹下躺著，旁邊擱著一把劍，胸口有一道傷口正在流血，左手背青筋暴露，似乎剛與人格鬥受傷，於黃昏時刻在樹下歇息療傷。

圖 2b 是「受傷的男人」畫作的 x 射線影像，顯示畫作底層的情境大異其趣。原來庫爾貝在創作此畫時才 20 幾歲，正是青春洋溢的年紀，沉浸在愛情的甜蜜中，他畫下了自己和未婚妻在樹下休息的幸福畫面。只是畫作完成 6 年之後，妻子卻帶著兒子離開了他。心靈傷痕累累的庫爾貝於是修改了畫作，抹掉愛人的影像，補上了流血的傷口和身旁的一柄短劍。原來庫爾貝不是軀體受傷，而是內心在淌血。x 射線可以透視油畫底層的影像，揭露藝術家創作的心路歷程，還原藝術家原始的創作思維，使人們在觀賞藝術作品時能有更多的體會。

## x 射線螢光分析

x 射線螢光分析（x-ray fluorescence, XRF）可用來檢測分析各種不同材料中的元素及其濃度，x 射線螢光分析的基本原理如圖 3。入射的 x 射線與材料試樣中的原子相互作用，原子中的電子吸收 x 射線

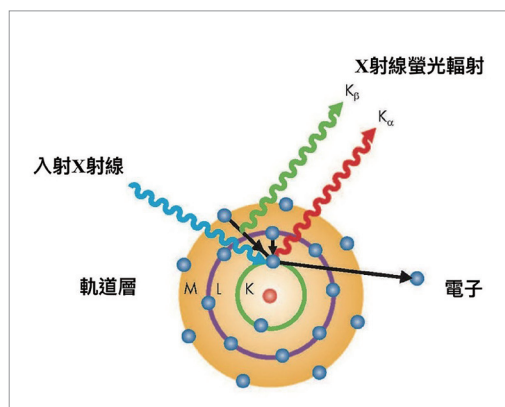


圖 3. x 射線螢光分析原理示意圖

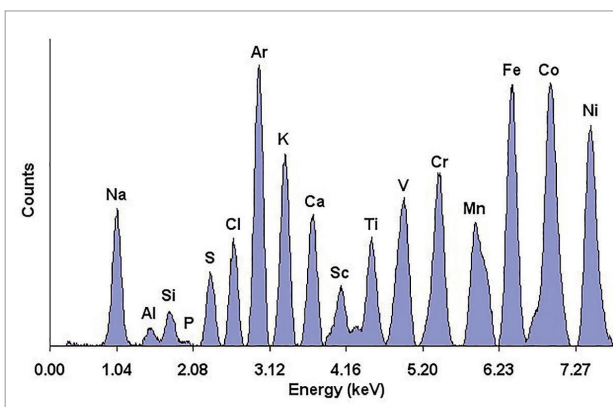


圖 4. x 射線螢光光譜 (圖片來源: amptek.com)



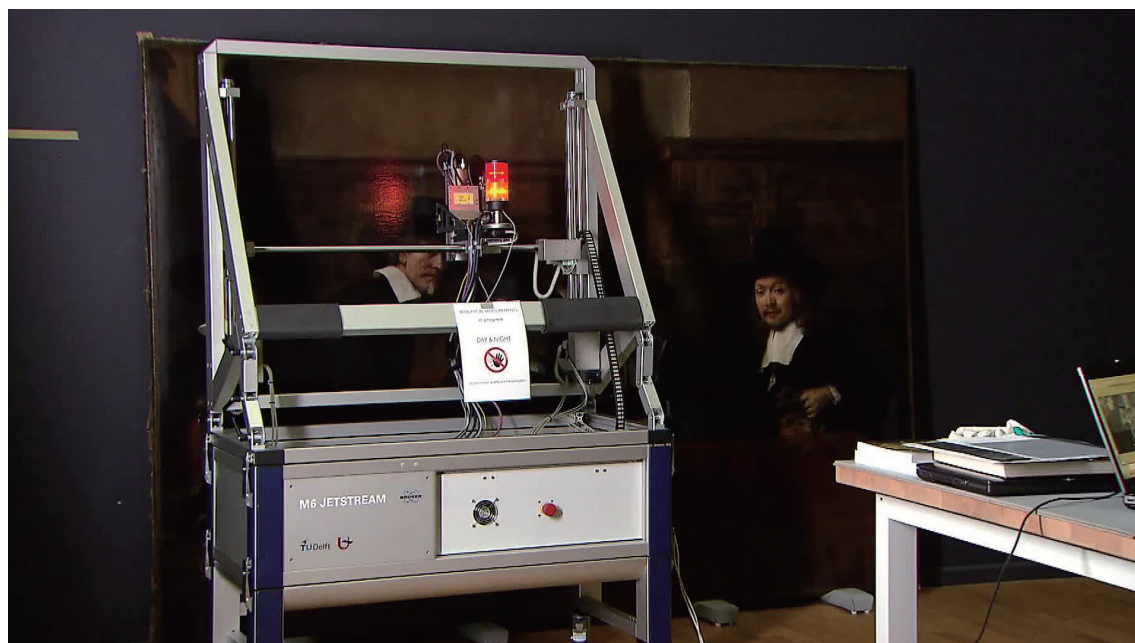


圖 5. 大面積掃描微區 x 射線螢光光譜分析儀 (MAXRF) (圖片來源：TEDxDelft)

能量，躍遷出原來的軌道，留下一個空位，隨即由外層軌道的電子填補這個空缺，並釋放出特定能量的螢光輻射（特徵 x 射線）。在兩個相鄰軌道間，電子躍遷所放出的能量是特定的，只要量測出螢光輻射的能量值，就能識別出特定的元素。

元素釋放出螢光輻射，其單位時間的光子數量與樣品中的待測物質相關，x 射線螢光光譜儀是以峰值強度表示此數值，其結果會呈現出特徵 x 射線的光譜，每種元素皆有其所屬的峰值，觀測這些峰值及各元素峰值的數量（如圖 4），就能獲知樣品中的元素組成及其濃度。

XRF 是一門成熟的技術，其用途非常廣泛，受到國際原子能總署（IAEA）的重視

及推廣應用。以 XRF 進行藝術油畫的檢測分析，可以破解顏料成分的元素組成，獲取畫作底層隱藏的訊息，是國內外各大美術館及專業文物修護單位常用的研究方法。XRF 偵測儀器的類型很多，圖 5 所示為大面積掃描微區 x 射線螢光光譜分析儀（MAXRF），是當今用來檢測油畫作品的先進儀器，採用非常微小且無段式的連續多點平面掃描，可以高效率及細膩掃描圖檔與元素波譜分析。透過解析元素的分布圖，可以揭露畫作底層的草稿、圖像或修補的痕跡，探索畫家創作過程的筆觸及使用的顏料。國內目前已有 3、4 家美術館及研究機構引進 MAXRF 儀器設備，進行油畫的檢測分析。在最先進的 XRF 技術應用方面，國外已有研究機構利用同步輻



射（synchrotron radiation）進行 x 射線螢光分析，由於同步輻射強度大、亮度高、光束截面積小，且具高靈敏度，更適合用於畫作的微區掃描分析，精確擷取畫作底層的元素及其分布影像。

### 布商公會的理事

林布蘭（Rembrandt）是荷蘭歷史上最偉大的畫家，也是歐洲巴洛克繪畫藝術的代表畫家之一，生平 1606–1669 年。他所處的年代，正是荷蘭的科學藝術與商貿成就達到頂峰的時代，被稱為荷蘭黃金時代。林布蘭於 1662 年創作了「布商公會的理事（The Syndics）」（圖 6），是世界知名的藝術油畫，由荷蘭國家博物館收藏。畫中戴帽子的 5 位男士是布商公會的理事，正在審查一份書面報告，畫面中間

未戴帽者是公會的助理人員。林布蘭擺脫傳統繪畫排排坐或排排站的模式，巧妙地運用背景凹牆的空間，拉出人物排列的層次與景深，將畫中的人物姿態，一低一高、次落有序、如音符旋律般地羅列在觀畫者的眼前。

圖 7 為「布商公會的理事」經由輻射檢測分析的影像<sup>[1]</sup>，圖右上的 x 射線照相（XRR）顯示，畫作底層的人物位置曾經修正過，但影像略顯模糊不易判讀。圖 7 右下的 MAXRF 影像則清晰許多，影像顯示中間站立的那位公會助理，其位置由右而左調整了 4 次，左 2、左 3 兩位公會理事也曾調整位置或姿勢。x 射線螢光分析技術，揭露 300 多年前林布蘭創作此畫時的過程，他仔細推敲畫面人物布局，尤其



圖 6. 布商公會的理事

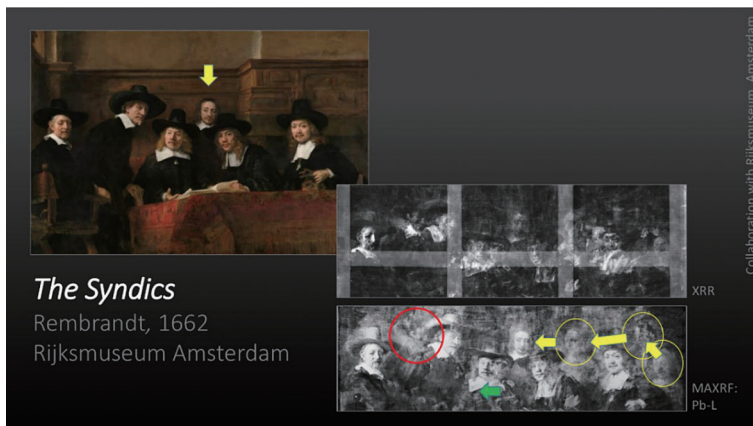


圖 7. x 射線及大面積微區光譜分析 (MAXRF) 影像圖

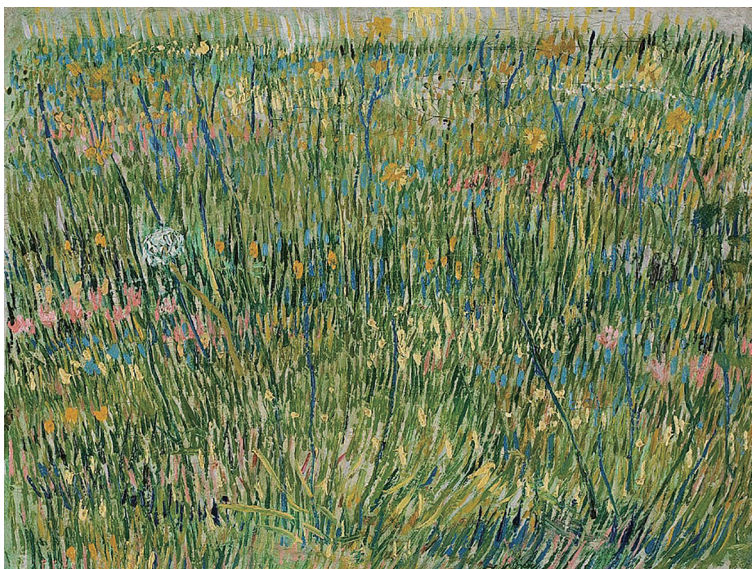


圖 8. 梵谷的畫作：一塊綠草地 (A Patch of Grasses)

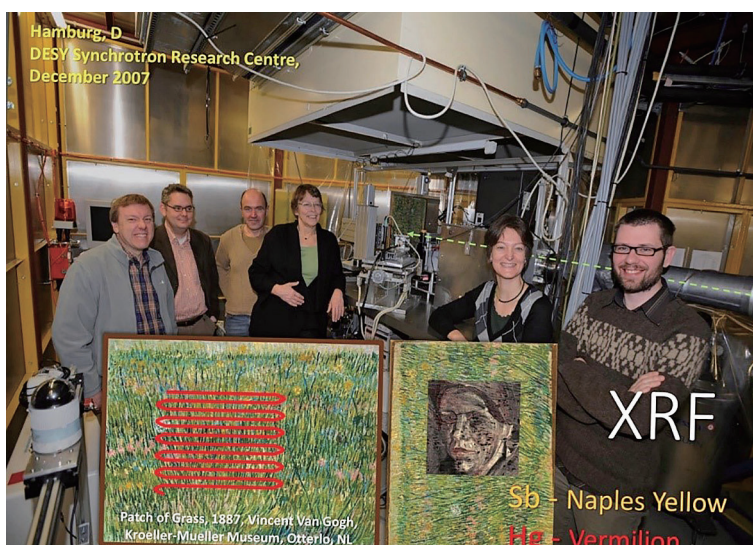


圖 9. 荷蘭台夫特科技大學的研究團隊




公會助理人員的站立位置更是關鍵，林布蘭不厭其煩再三修正重畫，顯示藝術家忠於作品，追求完美的嚴謹態度。x 射線照相及 x 射線螢光分析技術，可以讓人們仿如 300 多年前就站在林布蘭身後看著他畫圖，瞭解藝術家的創作過程及其對畫面布局的苦心經營。

### 一塊綠草地

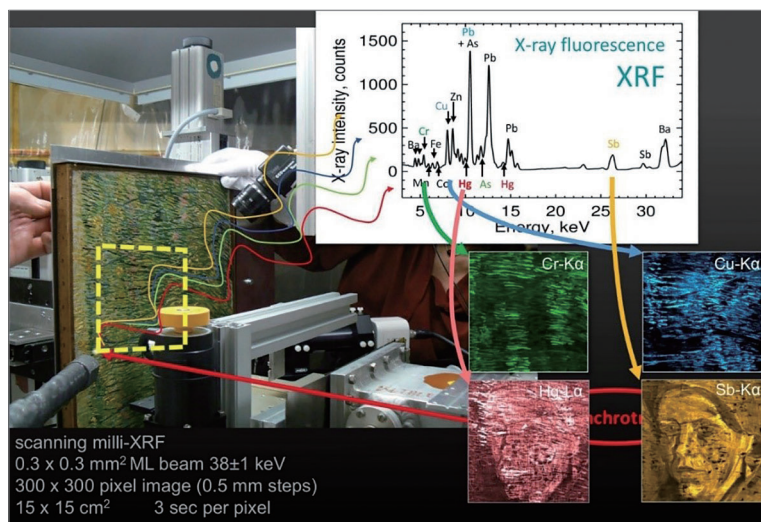
繪畫大師梵谷於 1887 年完成「一塊綠草地（Patch of Grass）」畫作（如圖 8），此畫經荷蘭台夫特科技大學（Universaity of Antwerp）的研究團隊在德國漢堡市，以同步輻射進行 x 射線螢光檢測分析<sup>[1]</sup>。圖 9 顯示該畫作置於漢堡 DESY 同步輻射研究中心加速器的 x 射線光束出口處，檢測結果發現畫作底層隱藏一幅農婦的畫像。推測梵谷在完成「農婦」畫像兩年半後，搬到法國巴黎居住，受到當時印象派

畫風的影響，梵谷將畫作改成了「一塊綠草地」，讓「農婦」的畫像沉寂了一個多世紀。

該畫作的同步輻射 x 射線螢光分析結果如圖 10，利用同步加速器產生的高強度 x 射線，在不影響油畫表層顏料的情況下，可確認底層畫作顏料的化學元素。圖 10 右上為 x 射線螢光分析的元素分布，右下為鉻、銅、銻、汞的單一元素影像；其中銻元素代表棕黃色，汞元素代表朱紅色，兩者均呈現出清晰的底層影像。將銻元素 K $\alpha$  與汞元素 L $\alpha$  的影像合成，得到底層農婦的彩色影像（圖 9 右下）。同步輻射 XRF 技術，可以精確探測油畫底層的元素成分及影像，並可還原底層圖像的色彩，讓沉睡多年的畫像得以重見天日，可說是當今油畫檢測分析最先進的技術。（未完待續）

（本文作者為前原子能委員會副主任委員）

圖 10. 同步輻射 x 射線螢光分析結果



參考資料：

[1] K. Janssens et al., Virtual Archaeology of Paintings and other Works of Art – exploring alterations in a non-destructive manner, Antwerp X-ray Analysis, Electrochemistry & Speciation, Univ. of Antwerp.



## 德國核電廠的除役經驗

文 編輯室

2009 年大選後，德國總理梅克爾所屬「基督教民主聯盟」決定恢復使用核能，並允許現有核電廠延長運轉年限，其中 1980 年之前商轉的 7 座機組可延役 8 年，1980 年之後商轉的 10 座機組可延役 14 年，在 2011 年 3 月時，德國有 25% 的電力是由核能供應，當時共有 17 座核電廠。

在 2011 年 3 月 11 日發生福島第一核電廠的核子事故之後，德國政府決定將商

用發電的核電廠逐步淘汰，立即永久關閉 17 座核電廠中的 8 座，並且在接下來幾年內開始除役；根據修訂過的原子能法，其餘 9 座機組之後也將逐步地在 2022 年前全數關閉。目前正在拆除 22 個反應爐，還有 1 個處於安全停機狀態，3 個反應爐處於後運轉階段，即機組已關閉，但尚未提交除役申請。

在幾個核電廠關閉後，除役過程逐漸成

表 1. 全世界永久停止運轉機組數量一覽表  
(截至 2019 年 4 月底止)

國家	永久停止運轉機組數	完成除役機組數
美國	35	10
英國	30	
德國	29	3
日本	11	1
法國	12	1
加拿大	6	
俄羅斯	8	
瑞典	5	
義大利	4	
保加利亞	4	
烏克蘭	4	
斯洛伐克	3	
西班牙	3	1
立陶宛	2	
瑞士	1	1
比利時	1	
亞美尼亞	1	
哈薩克	1	
荷蘭	1	
韓國	1	
台灣	1	
共 20 國	173 部機組	17 部機組

資料來源：國際原子能總署

為德國民眾關注的焦點，來自德國各地的 76 個環保團體和反核團體，要求所有放射性污染的場地，不論是除役計畫或是中期貯存設施，都應以最高的安全標準和全面的開放公眾參與。

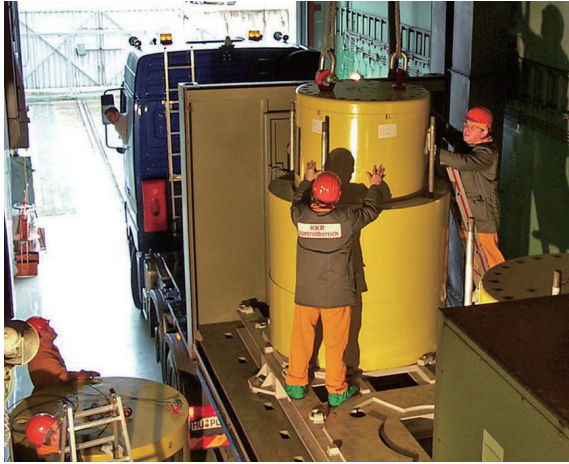
目前德國有 29 個核電機組處於停機狀態，其中有 11 個決定以立即拆除的方式進行除役。格萊夫斯瓦德（Greifswald）核電廠的 5 個反應爐，也同樣選擇立即拆除。除役完成後，部分廠址將作為生質柴油生產設施。

位於巴伐利亞 10 萬瓩的尼德艾希巴赫（Niederaichbach）核電廠已於 1995 年完成除役工作，且電廠廠區已被核能監管機關解除管制。這座核電廠是當時世界上第一座完成除役的大容量電廠，廠址不僅已完成除污綠化工作，也達到「綠地（greenfield）」標準的狀態，因此，德國政府於 1995 年年中宣布，尼德艾希巴赫核電廠廠址用地，未來使用時沒有設定任何限制，甚至可以成為農業用地。

1.5 百萬瓩的卡爾（Kahl）實驗性沸水式反應爐，經過 25 年的運轉，於 1985 年關閉，電廠完全拆除，廠址清理除污後，可不受限制地使用。

德國第一座商用反應爐 25 百萬瓩的貢德雷明根（Gundremmingen）A 機組，於 1966–1977 年間運轉。除役工作於 1983 年開始，1990 年時使用水下切割技術處理污染較嚴重的部分。貢德雷明根 A 機組目前所有可活動的設備與結構均已被移





核電廠除役時的放射性廢棄物處理 (圖片:EWN 公司)



核電廠拆除時的切割作業 (圖片:EWN 公司)

除，最後的工作集中於執行反應爐廠房的除污。當拆除工作完成之後，原廠址留下來的廠房結構將重新運用，作為技術中心。

由過去這些經驗可知，除役可以安全又符合經濟效益地進行，不會有長時間的延誤，並且大部分的金屬都可以回收。另外 8 座機組於 2011 年 3 月因政治因素而關閉，大多數將在 15 年內拆除，4 家營運廠商預留了 380 億歐元用於除役和處置放射性廢棄物。

德國幾個鈉冷卻快中子反應爐已經除役，但是拆除的只有少數。卡爾斯魯厄的 KNK-2 核電廠，在經過 14 年的運轉後於 1991 年關閉，1993 年進行燃料移除和初步拆解作業。許多高放射性組件的處理工作是以遙控方式進行，剩餘的鈉是在氮氣中進行切割。估計總成本為 3.64 億歐元（約新台幣 127 億元），預計 2020 年完工。

### 除役策略

德國核電廠經營者決定採用立即拆除的策略，其原因如下：

1. 原有的技術支援系統可用於除役的解體前工作，例如放射性測繪、電廠不同區域特性調查及電廠與設備項目量測；
2. 善用有經驗的運轉人員，若有重要紀錄遺失，其專業知識價值可將相關風險降至最低。

核電廠永久停止運轉後，便直接開始除污與除役作業，第一個過渡階段歷時大約 5 年，用過核燃料與爐心組件自反應爐移出並運送至廠內的貯存設施。解體前不需支援除污與除役的輔助系統停止運轉，並與操作系統分離、淨空、清理及永久隔離、控制界面與文件管理。

## 除役的放射性廢棄物管理

除役立即面臨的棘手問題，就是放射性物質處理。德國用過核燃料目前都放在電廠內的中期貯存場，最多 40 年，等到最終處置設施完工後再運送過去。核電廠除役產生的各種類型廢棄物，有的以放射性廢棄物處理與處置，或在除污後作為非放射性物質釋出，這也就是為何除役階段的廢棄物管理比運轉階段更具有挑戰性。

當缺乏低放射性廢棄物最終處置場時有兩種選擇方案，第一個方案是維持設施在安全封閉模式，第二方案是將設施解體、整備廢棄物並貯存於廠內適當設施，德國格萊夫斯瓦德核電廠就是將除役所產生的

低放射性廢棄物貯存於廠內的貯存設施。

德國最終處置場址目前還在膠著中，德國政府希望在 2031 年可以選定地點，加上申請許可和建造儲存空間，可能還要至少 15 年，預計 2050 年可以完成。

## 解除管制基準

解除管制是將放射性物質自法規管制狀態中移除，是除役作業中很重要的部分，因為這會影響必須處置的廢棄物體積。

根據國際原子能總署於 2004 年 8 月出版的報告，所公布的解除管制基準，劑量標準為對民眾個人有效劑量低於 10 微西弗 / 年。德國與日本依循國際原子能總署

拆除作業前需要縝密的規劃  
(圖片:RWE 公司)







格萊夫斯瓦德核電廠拆除作業的情景 (圖片:EWN 公司)

方式，均訂定法律規定解除管制基準。

### 除役的組織型態

德國格萊夫斯瓦德核電廠無主要除役專業合約廠商，而是採用既有運轉人員執行除役工作。而尼德艾希巴赫核電廠則採用既有運轉人員與除役專業承包商共同執行除役工作。

格萊夫斯瓦德核電廠採用的模式，優點是既有運轉人員對設施系統、構型及設施運轉歷史非常清楚，缺點是缺乏除役經驗，運轉人員要從運轉模式改為除役模式，例如從例行操作變為需要更多準備的

獨特任務型態，會有適應不良現象發生，使得效率遠低於除役專業合約商，因此運轉員工轉換為除役團隊必須經過訓練，以改變其專業及態度。

另外，原運轉人員的工作從運轉模式改為除役模式，涉及到文化改變，文化改變包括心理因素—不要叫我拆除我的反應爐、專業降級感知—從專業中子物理變成普通拆除工，及與合約承包商團隊重新排程或合作，經常發生執行除役的原運轉人員難以適應，而萌生辭意。

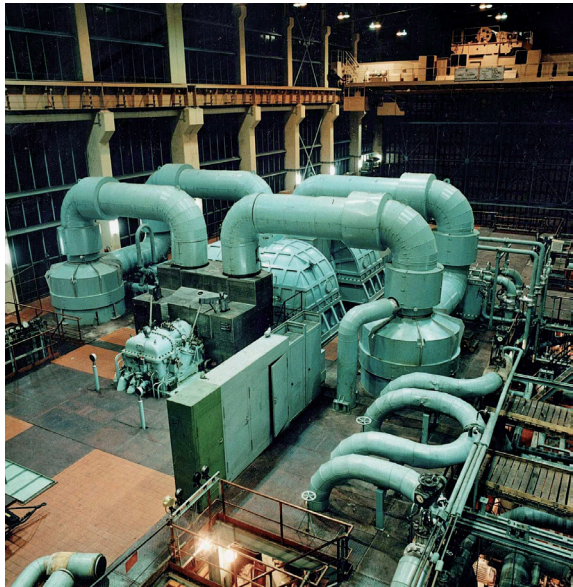
尼德艾希巴赫核電廠採用的模式，優點是除役專業合約商具有較多相關經驗，因

而效率較高，合約商還可安排作業需要的其他分包商，其界面問題由除役專業合約商負責。缺點是除役專業合約商不熟悉設施系統、構型及設施運轉歷史，經營者必須提供承包商員工足夠的資訊或訓練。

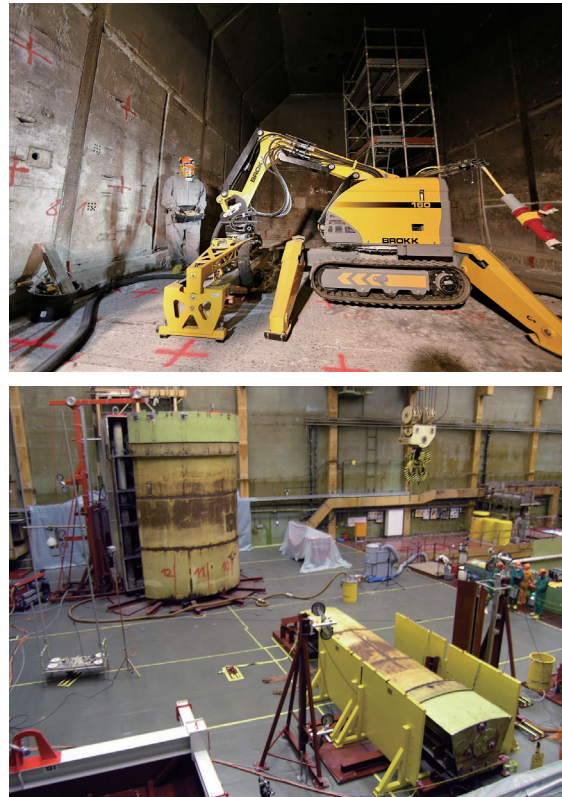
### 除役經費評估

德國政府於 2015 年設置核能除役監督委員會（Kommission zur Überprüfung des Kernenergieausstiegs, KFK），負責評估核電廠除役後反應爐拆除與放射性廢棄物處置的經費需求。

該委員會提交相關評估建議案予德國經濟暨能源部，依據評估結果德國電力公司應支付 233.4 億歐元（約新台幣 8,170 億元）至國家基金，用於國家核電廠除役。EnBW、EOn, RWE 與 Vattenfall 等 4 間持有核電廠的電力公司應支付 47 億歐元（約新台幣 1,645 億元），用於放射性廢棄物中期貯存相關費用，且應支付 124 億歐元（約新台幣 4,340 億元）於最終處置場選址、建造、營運，以及中期貯存場址之除役相關費用；KFK 並建議相關費用應再加上 35% 的「風險附加費（risk premium）」。另針對除役機組，該委員



(左) 萊茵斯堡渦輪機&發電機拆除之前的樣貌。  
(右上、右下) 萊茵斯堡拆除作業。







萊茵斯堡廠房拆除作業 ( 圖片:EWN 公司 )

會建議應立即拆除，而非封存數年待輻射衰退再行拆除。

不過，此建議案的「風險附加費」的設定備受爭議，相關能源公司目前都拒絕接受此方案，Vattenfall 能源公司表示，風險附加費不成比例地影響公用事業經營的能力，並呼籲重新審視，然而德國工業總會 (BDI) 則對此方案表示歡迎。

核電廠除役是長期抗戰，不論是專業技術必須與日俱進，或是與民眾的持續溝

通，都充滿高度複雜的挑戰性，還要考慮到許多申請程序極為耗時，必須及早進行。除役所花費的時間，幾乎與核電廠運轉的壽命相當。除役不僅是高度專業的工作，需要縝密規劃，管控現場作業的進程和工法，維護現場工作人員和公眾的安全及健康；此外，電廠員工的參與、經驗傳承和心理調適，正向的面對核電廠除役，以便凝聚出與運轉時不同的安全文化。德國豐富的經驗可做為我國核電廠除役時的參考。☢

### 參考資料：

1. Atommüllreport, KfK, <https://www.atommuellreport.de/themen/stillegung.html>
2. Decommissioning Nuclear Facilities, WNA, 2019/05/31 <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx>
3. 經濟部溫室氣體減量資訊網 德國核電廠恐受高額除役費用衝擊 [https://www.go-moeatw/message\\_info.php?id=10181&cid=2](https://www.go-moeatw/message_info.php?id=10181&cid=2)
4. 核能研究所·國外核子動力反應器設施除役概況 [https://www.aec.gov.tw/webpage/control/waste/files/index\\_11\\_1.pdf](https://www.aec.gov.tw/webpage/control/waste/files/index_11_1.pdf)





## 烤肉前用啤酒浸泡 可減少致癌物

文 編輯室

刊載於美國化學學會《農業與食品化學期刊 (Journal of Agricultural and Food Chemistry)》的研究指出，用啤酒浸泡肉品，可以減少烤肉時產生潛在有害致癌物的含量。

以往的研究顯示，長期食用烤肉與罹患大腸癌有著高度的關聯性。肉品經過煙燻、乾燥、烘烤、燒烤等非常高溫的加工過程，會產生多環芳香族碳氫化合物（polycyclic aromatic hydrocarbons, 以下簡稱 PAHs），而燒焦食品及油炸過火的食品，其 PAHs 含量更高。動物實驗

也已證實 PAHs 能導致癌症的發生。

研究人員將豬肉浸泡在黑啤酒 4 小時後，再用炭火烤，之後測量肉中的 PAHs 含量。結果顯示，以黑啤酒浸泡烤肉可減少一半以上的 PAHs 含量。

針對食品中潛在的致癌物 PAHs，國際食品法典委員會（Codex）及歐盟委員會法規均已制定相關的安全標準，台灣也針對食品產業制定降低食品中 PAHs 含量的作業指引。



## 可預防或治療癌症的香料

文 編輯室

一份發表於《營養與癌症期刊 (Nutrition and Cancer)》的研究指出，薑黃素會增加結腸癌腫瘤細胞對化療藥物的敏感度，進而增加效果，並可減少 DNA 損傷，而 DNA 的損傷有可能導致癌症。這個發現可能是抗癌大戰中的利器，顯著提升那些對化療效果不佳或產生抗藥性患者的化療效果，這不單只對初期產生抗藥性的癌症患者有效，對已發展為多重抗藥性的患者也有效。

針對抑鬱症，2014 年發表於《植物療法

期刊 (Phytotherapy research)》的研究，同時給予有心理健康障礙的受試者薑黃素及百憂解，或僅給予薑黃素或百憂解，觀察 6 週的結果發現：

1. 同時給予患者薑黃素及百憂解，其中有 80% 有成效。
2. 僅給予薑黃素的患者，與僅給予百憂解的患者的成效相當。

研究人員懷疑薑黃素的抗氧化及抗發炎特性，對癌症或抑鬱症患者有好處。



而薑黃和乳香的複合物則能夠發揮預防結腸癌更好的效果。一項在美國貝勒大學醫學中心的研究發現，兩者的複合物對腫瘤的影響非常強烈，在使用後的第 2 天就開始影響腫瘤的生長。此複合物甚至可以對抗具有突變基因的癌細胞，使其對癌症化療藥物的反應與未突變的癌細胞有類似的效果。

薑黃是傳統印度菜常會使用到的一種香料，它的活性成分是薑黃素，具有抗發炎的效果。乳香在印度阿育吠陀醫學中是作為消炎使用。研究人員表示，薑黃素與乳香是藉由不同的途徑來進行抗發炎的作用。將兩者結合後，發揮了協同作用，將抗發炎的效果放大。

先前的研究中發現，在進行化療的同時也服用薑黃素，能夠提升化療的有效性。一般進行化療或放射性治療的癌症患者，到最後都會遇到抗藥性的問題，而研究發現，同時服用薑黃素會減少抗藥性的產生，並持續對該治療有效果。

此外，癌症治療藥物的毒性所引起的副作用，可以藉由薑黃素來緩解，甚至可以降低化學藥劑的使用劑量達 10 倍，仍可保持同樣的抗癌效果。

罹患結腸癌者，大約有 50% 的人 p53 基因（人體抑癌基因）有突變的狀況，而對於有 p53 基因突變者，化療藥物就無法發揮作用。研究中發現，即使 p53 中含有一段基因突變，同時服用薑黃素和乳香，化療藥物仍可發揮作用。

對於有結腸癌家族史的人，可以每天吃薑黃素 500–1,000 毫克、乳香 250–500 毫克來預防。如果正在與癌症對抗，可以將劑量增加 1–2 倍。☸

（本單元資訊由台北喜悅健康診所提供）

註：

PAHs 為一群具有數個苯環的化學結構物，因有機質不完全燃燒或熱裂解反應而生成。環境中的 PAHs 可能有上百種，來源包括森林大火、火山爆發、工業污染、香煙煙霧、汽車廢氣及食品加工等。



薑黃和乳香的複合物則能夠發揮預防結腸癌更好的效果





## 借助核技術打擊依波拉病毒

譯 編輯室

在非洲獅子山尼亞拉（Njala）叢林中，一隻晝伏夜出的蝙蝠身上可能潛藏著依波拉（Ebola）病毒。在 2014 年爆發依波拉病毒疫情，遭受毀滅性的災害之後，獅子山的獸醫科學家開始訓練來自非洲各地的同行，使用核衍生技術捕捉、採樣和診斷可能傳播病毒的蝙蝠。

「不幸的是，我們經歷了這場流行病疫情。」當地獸醫科學家卡哥博（Dickson Kargbo）說，他在黃昏時戴著藍色手套

拿著網子，頭燈閃爍的走進叢林深處，在他身後跟著一隊獸醫。「但從好的方面來看，我們現在擁有技術、經驗並將之分享出去。」

參加培訓的獸醫科學家與野生動物專家分別來自布吉納法索、蒲隆迪、喀麥隆、中非共和國、迦納、賴比瑞亞、奈及利亞和多哥 7 個非洲國家，他們的目標是學習疾病監測。在國際原子能總署（IAEA）和聯合國糧食與農業組織（FAO）的支持下，

他們研究蝙蝠的行為，學習如何在採取正確的生物安全措施後，捕捉蝙蝠並且取樣。

「我們的想法是讓這些當地的專家獲得實踐經驗與正確的科學知識，以便能夠捕捉自由漫遊的蝙蝠並研究牠們，但不會殺死牠們，這樣才可以幫助牠們安全的回歸野外。」昂格（Hermann Unger）說道，他是 FAO/IAEA 糧食與農業核技術聯合部的技術官員，「在整個過程中，你必須保護自己和這些動物。」

在為期兩週的培訓課程中，獸醫、森林防護員和野生動物專家在獅子山中部尼亞拉（Njala）叢林中捕獲了 30 多隻蝙蝠，帶回實驗室分析。

在實驗室裡，他們對蝙蝠進行鑑定、測量，抽取血液、糞便和口腔樣本，以分析

牠們傳播給動物與人類的數百種病毒，其中包括了依波拉病毒。為此，他們使用原子能總署技術合作計畫所捐贈的核衍生技術和設備。

來自多哥畜牧局的動物科學家阿賈布里（Komlan Adjabli）說：「以前在多哥，我們完全不敢碰觸蝙蝠進行取樣，因為沒有這方面的技術。現在可以做了，我們也應該這麼做，因為不能放鬆警覺。」他是這次的課程的學員。

這是一系列培訓課程中的第二堂，旨在為非洲地區的獸醫與野生動物科學家提供共同參與的機會，並藉由積極的疾病監測來預測、甚至是預防該地區疫情的發生。隨著剛果面臨到新的依波拉病毒危機以及進一步蔓延的風險，疫情監督工作越來越重要。



科學家每年在蝙蝠身上發現大約 10 種新病毒，其中包括依波拉病毒。（圖片：IAEA）





從野外自然棲息地，到利用核衍生技術診斷潛在病毒的實驗室，科學家正在學習如何研究蝙蝠。（圖片：IAEA）



## 在叢林中

為了達到高水平的疫情監測，科學家們就在這些物種的自然野生棲息地中進行研究，這並不容易，他們需要弄髒雙手實地去做。

「為了診斷和辨識病毒，你需要的是高品質的樣本、正確的採樣與運送方式。」昂格補充說。為了捕捉蝙蝠，一個編制至少有 6 人的團隊，必須在黎明時就進入叢林，架設桿子和網子來製造陷阱，一直等到黑夜的第一批蝙蝠出現。

由於蝙蝠是夜行性哺乳動物，這些病毒獵人便在夜間工作，以尊重動物的生活步調，盡可能地減少對生態系統的干擾。捕獲蝙蝠後，小心地放入特殊的袋狀物內，然後運回實驗室進行取樣和分析。科學家和研究人員根據棲息地的類型和蝙蝠物種的差異，學習了不同的捕捉方法。

來自尼日的野生動物研究員，也是課程中

的講師阿德楊朱（Temidayo Adeyanju）說：「蝙蝠是生態系統的關鍵，牠們是種奇特的生物，晚上出來活動，吃的是昆蟲或水果，人類都很害怕牠們。但如果你使蝙蝠消失，就會影響所有其他的物種，牠們是生態系統中非常重要的一環。」

雖然蝙蝠在生態系統中具有至關重要的作用，但牠們也持續對人類帶來威脅。每年在蝙蝠身上會發現大約 10 種新的病毒。其中包括像依波拉這類的病毒，感染了蝙蝠的血液、分泌物、器官或其他液體，再藉由與蝙蝠的密切接觸而傳播出去。

位在獅子山鄰國的賴比瑞亞，在 2014 年時也遭受伊波拉病毒侵襲。賴比瑞亞動物保護專家沃克（Hawa Walker）也補充說：「民眾害怕伊波拉，他們勤於洗手、刷洗房舍，但在許多家庭中，蝙蝠仍是他們食物的來源。對於那些別無其他選擇的人來說，蝙蝠就是他們賴以為生的要件。」

當沃克回到賴比瑞亞時，她將與相關部



獸醫科學家在獅子山共和國的叢林中捕捉蝙蝠。隨著剛果面臨到新的依波拉病毒危機，疾病監測越來越顯重要。（圖片：IAEA）



糧農組織／國際原子能總署糧食與農業核技術聯合部於上個月提供的一門課程，為 7 個非洲國家的獸醫和野生動物專家提供了蝙蝠捕獲方面的培訓，用於取樣和診斷。(圖片:IAEA)

會的代表舉行諮詢會議，以提高人們對蝙蝠病毒調查重要性的認知。

與此同時，當地科學家也針對新發現的新型依波拉病毒—Bombali 進行研究。2018 年 7 月首次在獅子山發表了研究結果，目前僅知具有感染人體細胞的能力外，人們對這種病毒的致病性知之甚少。

負責主導這些培訓課程的國際原子能總署計畫經理瓦瑙 (Michel Warnau) 說：「我們需要可達到全面性健康的門徑，2014、2015 年期間西非之所以爆發依波拉疫情的問題是準備不足。藉由這些課程，我們希望在疫情爆發前先建立研究、診斷牲畜及野生動物『人畜共患疾病』的能力，以便能更精準地預測人類面對的風險。」

### 用於檢測動物疾病的核衍生技術

酵素(酶)連結免疫吸附分析法(ELISA)和聚合酶鏈鎖反應(PCR)是常用於疾病診斷的兩種核衍生技術。

ELISA 技術易於設置和使用，適用於任何獸醫實驗室。科學家將來自動物的稀

釋過的血清樣本放在準備好的培養皿上，如果樣本含有疑似疾病，液體中的酶會改變液體的顏色，由此確認疾病的存在。ELISA 通常用於初步測試，其靈敏度和特异性有限，無法用於鑑定病毒的品種。

PCR 技術是使用一種比 ELISA 更尖端的設備和程序，具有高度靈敏和精準性，非常適合於鑑定病毒品種與細菌。它使用一種酶，可以在短短的半小時內複製或擴增病原體 DNA 的特定遺傳區域達 10 億倍，之後科學家利用放射性同位素或附著在所創建的基因序列上的螢光分子 (fluorescent molecules) 特异性的計算，來檢測和監視這種 DNA 的擴增情形。

這兩種方法最初都與放射性同位素一起使用，現在則使用酶，這有助於國際原子能總署及其合作夥伴改進和簡化相關的測試過程。

資料來源：

<https://www.iaea.org/newscenter/news/hunting-for-viruses-in-sierra-leone-with-the-help-of-nuclear-technology>

## 編輯室



2019年《麻省理工科技評論》評選出的十大突破性技術分別為：靈巧的機器人、核能新浪潮、預測早產兒、腸道藥丸探針、客製化的癌症疫苗、試管肉和植物性肉類取代牛肉、新的碳捕捉技術、手腕上的心電圖、沒有下水道的衛生設施、AI 語音助理。

先進的核分裂反應爐包含第四代和小型模組化的反應爐，核能的使用將會變得更安全，成本也更低。第四代核分裂反應爐到 2020 年代中期有望實現大規模應用；小型模組化反應爐的裝置容量大約幾十個百萬瓦（MW），與大型核電廠相比，土地的取得將簡單許多，並且節省成本、降低環境與金融風險；核融合反應爐雖然還需要 10 年以上的時間，但近來已有突破的發展，核融合反應爐不會出現爐心熔毀，也不會產生衰變期長、放射性高的放射性廢棄物，可說是人類所知最接近完美的發電方式，它可能會面臨的公眾抵制預期也遠比其他發電方式來得小。

MIT Technology Review ([https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2019/?fbclid=IwAR3BUHYJDzruGhO-\\_YtjEnqN9M2tE7aJ7rUw6Xqd3dfFhy8oqYrQHGHQt4](https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2019/?fbclid=IwAR3BUHYJDzruGhO-_YtjEnqN9M2tE7aJ7rUw6Xqd3dfFhy8oqYrQHGHQt4))



## 烏克蘭尋求改善 車諾比的形象

譯 編輯室

烏克蘭新任總統澤倫斯基（Volodymyr Zelensky）在最近簽署了一項命令，將解除車諾比核電廠周圍隔離區域的管制並開放觀光，內容包含新建步道以及加強手機訊號等，將解決過去遊客透過地下旅行團的方式至車諾比觀光的問題。

澤倫斯基在今（2019）年7月10日前往車諾比核電廠出席4號機新石棺啟用剪綵儀式時，正式宣布這項「車諾比核災污染地區發展計畫」，「車諾比過去以來都為烏克蘭帶來負面的印象，現在是改變這個情況的時候了。」澤倫斯基這樣說，這項計畫也代表車諾比事故隔離地區將迎來新的改變。

澤倫斯基也表示，像是禁止於當地拍攝等「不合理的限制」將會被廢除，烏克蘭未來會在國際活動中致力推廣車諾比的觀光，向各個地方的科學家、生態學家、歷史學家與遊客等展示這個地方，以扭轉該地區被誤解為「鬼城」的形象。「不幸的是，車諾比目前仍是烏克蘭腐敗的一個象徵，當地的官員向至車諾比旅遊的遊客進行收賄，以及非法出口當地的廢棄金屬與自然資源，我們將盡快制止這種情況持續發生。」

倫敦帝國理工學院分子病理學教授湯馬斯（Gerry Thomas）對車諾比事故的健康影響進行了27年的研究，並對事故後輻射照射的影響進行了書面評論。在她最新的文章「讓我們把城市神話從車諾比的科學事實中抽離」中，她提到了「輻射恐慌症（Radiophobia）」，「某些被誤導的民眾與組織仍在兜售錯誤的言論，人類居住在一個自然放射性的世界。如果我們沒有進化出保護機制來應對自然輻射的影響，我們就不會在這裡。從自然環境來看，我們每年都會受到約2-3毫西弗（mSv）的輻射曝露，每天也都會攝入大約2微克的鈾，洗髮精和海水中都含有鈾。我們願意接受放射性診斷與治療帶來的輻射風險，劑量比醫療曝露還要低的核災曝露卻不被大眾接受。」呼籲民眾應正視科學事實，使用明確、客觀的方式來檢視核能風險才是正確的。

備註：

因最近由HBO電視台製作的迷你影集《Chernobyl》，真實重現了車諾比核災發生的情況，在網路上大獲好評，也導致許多劇迷前往車諾比現場一探究竟（該劇主要在立陶宛取景）。

資料來源：

World Nuclear News. "Ukraine seeks to improve Chernobyl's image." July 12, 2019.

# 安全設備升級若延後 日本機組將面臨關閉

譯 編輯室

根據日本核能管制機構原子力規制委員會（NRA）最近通過的新規定，重啟核電機組的備用安全措施若無法在指定的日期內完成，NRA 將有權強制暫停機組運轉，而獲准重啟核電機組的營運電力公司對此均表示，他們已預期無法在期限內完成相關設施的工程。

在發生福島事故後，NRA 在 2013 年 7 月宣布一項新規定：「各電廠必須新建一座地下備用控制中心」，隨後在 2015 年 11 月裁定，控制中心必須在管制機構批准該座核電廠工程計畫後的 5 年內完成建設。檢視核電廠工程計畫是 NRA 在進行機組重啟安全性審查的三個程序中的第二個階段，最後的第三階段的內容則包含運轉前檢測，以確保核電機組完全符合最新的核能安全要求。

不過，NRA 也在這次通過的規定中同意給予某些特殊情況一些緩衝，其中包括若負責營運的電力公司在指定日期前 6 週尚未完成控制中心的建設工程時，可給予電力公司解釋的機會。但若在指定截止日期的前 1 週仍無法完成工程，NRA 則可命令電力公司暫停該機組的運轉，機組也必須依照新規

定，在截止日後 1 天內進入冷停機（Cold shutdown）的狀態，即機組內冷卻水溫度必須低於攝氏 100 度。

日本在福島事故後全面停止核電廠運轉，獲准重啟且已開始運轉的機組目前僅有位於九州鹿兒島的川內核電廠 1、2 號機，以及位於福井縣的高濱核電廠 3、4 號機（高濱兩部機組最初在重啟後因為一項法院禁令中途被迫停機了一段時間，但該項禁令於 2017 年 3 月解除，目前 3 號機已啟動，4 號機則預計在 7 月重啟運轉），但兩座核電廠的營運廠商九州電力公司與關西電力公司均已通知 NRA，控制中心建設工程完工的時間預計將延遲約 1 年左右，其他的電力公司則表示會有 2 年半的延後。除了上述的 4 部機組之外，日本僅有另外 5 部、共 9 部機組獲准重啟運轉，還有 16 部機組已向 NRA 申請重新啟動，目前仍在審查中。🌀

資料來源：  
World Nuclear News. "Safety upgrade delays could take Japanese units offline." June 13, 2019.

## 芬蘭期望能在 2035 年實現碳中和

譯 編輯室

芬蘭今（2019）年在由新政府執政後於 6 月初宣布：將在 2035 年時實現碳中和（carbon-neutral，即排出多少的碳就需採取多少抵銷的措施，以達到總和「零碳排放」的概念），而核能也將繼續為芬蘭提供低碳能源。

芬蘭政府在一份有關芬蘭社會、經濟與環境生態永續的文件中公布了此項能源政策。該份文件指出，芬蘭的碳排放量與 1990 年的水平相比已減少了超過 20%，也將提早實現歐盟所訂定的 2020 年氣候目標。但是，為了將全球暖化控制在攝氏 1.5 度內，芬蘭必須限制更多的排放。「芬蘭政府目前採取的政策將帶領芬蘭在 2035 年時實現『碳中和』的狀態，並在之後達到『負排放（即被抵銷的碳比排出的碳還要多）』，這是通過加速減碳措施與鞏固碳匯（carbon sink，指可吸收空氣中二氧化碳的天然或人工堆積物，如海洋與森林，或是其他可將二氧化碳儲存在地殼的技術）才達到的成果」，該份文件這樣敘述。

芬蘭政府也表示，未來將持續與北歐國家在氣候與能源方面合作，致力於實現碳中

和的目標，並加重在國際間氣候方針的共同領導地位，近期也將制訂減排路徑所需要的措施，期望能順利在 2035 年達到碳中和，例如更新芬蘭氣候相關法規，設定 2030 與 2040 年的減排目標，並於 2025 年時依照最新的科學資訊、科技發展與其他國家的減排承諾等替訂定好的解決方案進行評估，其中也將考慮到有效性與成本效益，以及區域差異與就業影響等方面。

另外，芬蘭政府也將指派一個部長級的工作小組，未來將專注於國家氣候與能源議題，並制定整體的氣候政策。而這次公布的能源政策文件要求芬蘭的電力與熱能生產在 2030 年代達到「零排放」，但必須先考量到供應是否準備就緒以及能源供應的安全。

目前芬蘭政府已決定將在 2029 年中停止使用燃煤發電，並預計在 2030 年代初期停止使用燃油來生產熱能，這次公布的能源政策也指出，「社會電氣化與多種能源系統（用於運輸、生產電力與熱能）的整合，需要大量增加再生能源發電。」

至於核能發電，若管制機構輻射與核能安



全管理局（Stuk）建議就現有核電機組運轉執照進行延役，政府目前對此議題的態度是正面的。目前芬蘭有 4 部商轉中的核電機組，分別座落在洛維薩（Loviisa）與歐基盧歐托（Olkiluoto）兩座核電廠，洛維薩的兩部機組分別獲准營運至 2027 與 2030 年，歐基盧歐托的兩部機組則可運轉至 2038 年底。而歐基盧歐托核電廠目前建造中的 3 號機計畫於明（2020）年投入商轉，另外新建的漢希克維（Hanhikivi）核電廠的機組則預計將在 2028 年加入商轉行列。

芬蘭 Fortum 電力公司也對新政府的能源政策表示歡迎，並回覆「Fortum 公司每天都在開發新的低碳能源解決方案，範圍涵蓋了發電、發熱、循環經濟與家用能源效率等方面」，也表示對政府認可電力在未來的重要性感到欣慰。

### 歐基盧歐托 3 號機啓用時間再度延後

根據芬蘭 TVO 電力公司在最近公開的消息，原訂於今（2019）年 6 月於歐基盧歐托核電廠 3 號機進行的燃料裝載至少將延後到 8 月底。這座 160 萬瓩的新式歐洲壓水式反應爐（EPR）於 2017 年底開始熱測試，並於今年 5 月受增壓器震動的影響，在比原訂計畫延遲 50 天的情況下才完成，TVO 公司也將進行全面的修正，以更新該座電廠的电子與儀表控制系統。

歐基盧歐托 3 號機雖然在今年 3 月初獲芬蘭政府頒發運轉執照，但在裝載核燃料前仍須獲得芬蘭輻射與核能安全管理局的准許才可進行。該部機組為全球最早開始建設工程

的 EPR，最初預定於 2009 年完工，但過程中面臨到各種困難導致工程嚴重延誤至今。而型號同樣為 EPR、於去年底開始運轉的中國廣東省台山核電廠 1 號機因此成為首座進入商業運轉的 EPR，台山 2 號則已開始試運轉，預計將於今年加入商轉行列。建於法國弗拉芒維爾（Flamanville）核電廠的 EPR 也預計將在近幾年開始裝載燃料，還有兩部在英國欣克利角 C 核電廠（Hinkley Point C）的 EPR 目前仍在建造中。

資料來源：

1. World Nuclear News. "Finland aims for carbon neutrality by 2035" June 06, 2019.
2. World Nuclear News. "Fuel loading delayed at Finnish EPR." June 19, 2019.



芬蘭的歐基盧歐托 3 號機組（圖片來源：TVO）

## 俄羅斯浮動式核電廠 獲准運轉 10 年

譯 編輯室

由俄羅斯國家核電公司 Rosenergoatom（為國營企業俄羅斯國家原子能公司 Rosatom 的分支）負責建造與營運的浮動式核電廠「羅蒙諾索夫院士號」，在最近獲俄羅斯核能管制機構頒發 10 年的運轉許可，可運轉至 2029 年。

羅蒙諾索夫院士號最初是在俄羅斯西部的北德文斯克造船廠（Sevmash）建造，但由於該造船廠的軍事業務量過大，導致羅蒙諾索夫院士號的建設工程被轉移至具有建造核子動力破冰船經驗、位於聖彼得堡的波羅的海造船廠。羅蒙諾索夫院士號的長、寬分別有 144 與 30 公尺，排水量 21,000 噸，完工的船體在 2010 年 6 月下水，並於 2013 年 10 月安裝了兩部 3.5 萬瓩的 KLT-40S 反應爐，這兩部機組除了可以發電之外，還可用於海水淡化。羅蒙諾索夫院士號在繞過波羅的海、北海、挪威海、巴倫支海，經過超過 4,000 公里的拖曳後已於去年 5 月中抵達摩爾曼斯克（Murmansk），並於 10 月初完成核燃料的裝載。

俄羅斯國家核電公司處長彼得洛夫（Andrei Petrov）對此表示，獲頒運轉許可是多年來致力於開發獨特核能設施的成果，

也將使這座浮動式核電廠能夠從今（2019）年 8 月底開始駛往俄羅斯最北端楚科奇地區的佩維克（Pevek）港口，並將於年底進行進一步的測試與調整。佩維克港也將於今年底完成陸上與水上相關設備的建設，確保電力可透過電網輸送，以及可將熱能傳遞至城市的供熱設施等。羅蒙諾索夫院士號主要是用來取代恰翁（Chaunskaya）火力發電廠以及比利比諾（Bilibino）核電廠因為除役所產生的電力缺口。

羅蒙諾索夫院士號為俄羅斯遠北與遠東地區一系列移動式小型發電機組中的主要項目，也將成為北海航線發展計畫中關鍵的基礎建設，其設立的目的是為遠端工業、港口城市、位於公海的天然氣與石油開採平台等提供能源。俄羅斯國家核電公司也補充，浮動式核電廠是以很大限度的安全來設計，可抵禦來自外部的威脅，目前國家核電公司已開始開發第二代浮動式核電廠，大小將比第一代的羅蒙諾索夫院士號更小，但設有更大裝置容量的反應爐。

資料來源：

Nuclear Engineering International. "License granted for Russia's FNPP." July 01, 2019.

# 英國完成 地質處置計畫的第一步

譯 編輯室

英國商務、能源及產業策略部（BEIS）已在最近宣布，英國已完成公布於 2014 年《執行地質處置白皮書》中的初步作業，分別有：制定土地使用規劃程序、與社區一同合作的準備，以及進行全國性的地質篩選。

英國政府在 2010 年底時承諾會向國會就「高放射性廢棄物的管理制定流程與地質處置計畫的最新發展狀況」提出年度報告，最新一期的報告（2017 年 4 月至 2019 年 4 月期間）在今（2019）年 6 月底公開，BEIS 表示政府會盡快修正、並向國會提交這項與地質處置設施有關的國家政策聲明草案（NPS），也說到為準備、公開這項供磋商用的國家政策聲明草案，標誌著國家土地使用規劃的初步作業已近完成。

《與社區合作》則是敘述「與社區合作以確立適合建立地質處置設施」流程的政策草案，該份草案為徵求意見已於 2018 年初公布，英國政府隨後也於當年 12 月公布了《執行地質處置—與社區合作：高放射性廢棄物長期管理的最新架構》政策最終版，內容提到英國放射性廢棄物管理公司（RWM，由英國核能除役署 NDA 獨資成立的子公司）

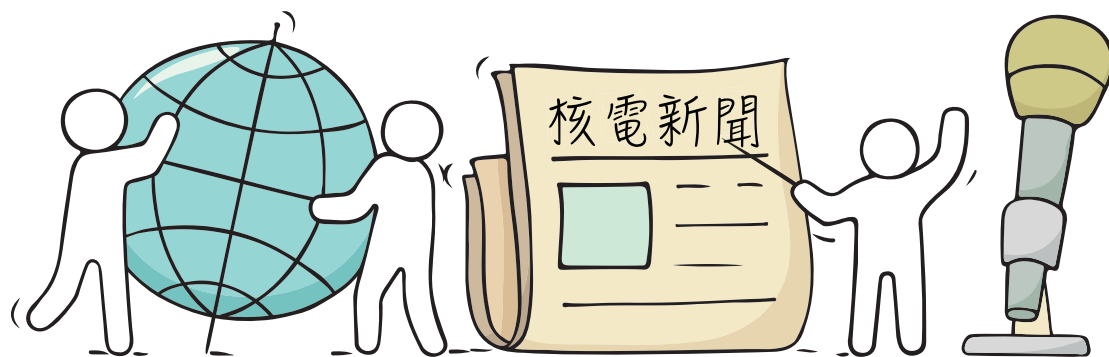
將如何與英格蘭當局、社區合作，尋找適當的地點來建立深層地質處置設施等方針，也制定了參與選址過程的社區如何可以獲得好處、如何退出選址過程，以及必須透過大眾支持測試（Test of Public Support），表明該地區在 RWM 公司徵求開發許可前就有意願在當地設有最終處置設施。英國已於 2018 年 12 月和 2019 年 1 月分別在英格蘭與威爾士啟動了一項新的選址流程，為期至少 20 年。

在最新報告所涵蓋的期間，RWM 公司也與英國地質調查局（BGS）合作進行全國性地質篩選，英國地質調查局就英格蘭、威爾士與北愛爾蘭的地質現況做出總結：這些地區的地質均可以進行高放射性廢棄物安全處置，並彙集了現有有關岩石結構、地下水、自然進程與資源等的資訊，RWM 公司所公布的成果也代表著英國已完成國家地質初步的篩選工作。🌀

資料來源：

World Nuclear News. "UK completes first steps in Geological Disposal Programme." July 02, 2019.





### 國外新聞

#### 芬蘭開始用過核燃料封裝廠建設工程

芬蘭放射性廢棄物管理公司波希瓦（Posiva）於最近開始在芬蘭西部歐基盧歐托核電廠建造用過核燃料封裝廠的工程，地下處置設施內系統的安裝也將在短期內開始進行。這座核燃料封裝廠是為了先將用過核燃料裝入貯存容器中，才可轉移至地下用過核燃料貯存場的隧道、襯有膨潤土作為緩衝材質的貯存窖中，進行最終貯存。該座核燃料封裝廠預計將於 2023 年開始營運，建造成本初估約為 5 億歐元（約 175 億元新台幣）。

芬蘭在 2000 年時就已確認位在歐基盧歐托核電廠附近的埃烏拉約基（Eurajoki）為用過核燃料最終處置場場址，波希瓦公司在場址建立的地下實驗室「昂克洛（Onkalo）」進行各種岩石研究，利用所獲得的資訊於 2013 年底向芬蘭政府提交建築許可申請，芬蘭政府也於 2015 年 11 月核發處置場建築許可。處置場將以昂克洛為基礎向外延伸，建設工程則於隔年開

始，完工後波希瓦公司仍需要另外申請營運許可才可啟用該座處置場。

這座封裝廠一旦開始營運，用過核燃料將以特殊運輸容器運送至封裝廠，待完成接收作業後將裝有用過核燃料的運輸容器用機器吊起、烘乾，再轉移至最終處置貯存容器中並灌入惰性氣體，使用鋼製的蓋子將容器密封後，再將外部的貯存容器外殼利用焊接的方式再次密封，最後利用 x 光或是超音波等非破壞性的方法對焊接密封度進行最終檢測。波希瓦公司對此表示，該座封裝廠即使在封裝過程中受到干擾，也不會釋放出任何放射性物質至環境當中，通過最終檢測的貯存容器將會使用起重機或特殊運輸車輛轉移至地下的最終處置場。

World Nuclear News, 06/25/2019

#### 西班牙科夫倫特斯核電廠獲准建造乾式貯存設施

西班牙環境部（Environment Ministry）在最近核准了科夫倫特斯（Cofrentes）核

電廠乾式貯存設施的建設工程，這項建設計畫預計需要 390 萬歐元（約 1 億 3,650 萬元新台幣）的經費，並於 2021 年 9 月啟用。

科夫倫特斯核電廠位於西班牙東部的瓦倫西亞（Valencia）地區，該座核電廠內的用過核燃料池將於 2021 年貯滿，廠內機組僅能運轉到 2024 年，而位於西班牙中部卡尼亞斯村（Villas de Cañas）的集中式暫時貯存設施（Centralized Temporary Storage）建設工程無法如期完工使情況更加不明朗。不過，這次獲准的科夫倫特斯核電廠乾式貯存設施，預計可讓該座核電廠運轉至 2030 年，同時也是該座核電廠的運轉年限。

這座新建的乾式貯存設施將可存放 24 座的貯存容器，預計每隔 24 個月會接收 5 座貯存容器，若過程順利可讓科夫倫特斯核電廠運轉至至少 2031 年；位於卡尼亞斯村的集中式貯存設施若能在此前完工，理論上該座核電廠則可運轉更長久的時間。但是，西班牙政府在今（2019）年 2 月時通過了國家連環能源與氣候計畫（National Integrated Energy and Climate Plan）等數項能源轉型策略，目標在 2015-2030 年間加倍發展風力與太陽能發電，並將核能發電減少至超過一半。雖然目前已可看出科夫倫特斯核電廠營運廠商對延役該座核電廠的意圖，但對該座核電廠是否延役則尚未做出任何正式的聲明。

Nuclear Engineering International, 07/04/2019

### 日本繼續清理福島第一核電廠毀損機組中的用過核燃料池

東京電力公司（以下簡稱東電）在最近

公開了一份有關福島第一核電廠除役現況的報告，東電在今（2019）年 4 月首度完成於 3 號機用過核燃料池中核燃料的第一輪移除作業後，已在最近開始第二輪的移除工程，主要將透過移除散落的燃料殘骸與執行相關訓練等方式來進行。

核電廠每座反應爐建築物中都會有一座獨立的用過核燃料貯存池，東電在 4 月時首度開始將 3 號反應爐建築用過核燃料池中的用過核燃料移出，首輪的移除作業成功將 7 束用過核燃料轉移至廠內距離約 100 公尺遠的另外一座儲存池，並暫停相關作業，以檢查相關的程序與設施。而東電在確認安全與移轉過程均無任何安全問題後，於最近再度開始池內用過核燃料轉移的工作，但由於該區域的輻射水平仍較高，必須使用遠端遙控的方式將用過核燃料自池中吊起來進行移轉。

福島第一核電廠 3 號機為福島事故遭受爐心熔燬的 1-3 號機組中，首部將核燃料池中用過核燃料移出的機組。而 1 號機核燃料池中的用過核燃料轉移作業則預計於 2023 年開始，東電將利用兩個可以拍照與測量空間輻射劑量率的機器人，來進行相關的調查。目前東電尚在準備模擬測試相關的設備與材料，東電打算在清除入口周圍小塊的殘骸後開始進行這些調查，預計最快可在本月中旬開始。根據福島第一核電廠「反應爐除役中長期規劃」中，1 號機核燃料移除採取的方法應於今年（2019 財政年，即 2020 年 3 月底）結束前決定。

NHK World-Japan, 07/04/2019;  
JAIF, 07/17/2019

### 中國台山 2 號機組併網發電

位於中國廣東的台山核電廠，繼 1 號機開始運轉近 1 年後，2 號機也於最近成功連接至國家電網，成為全球第 2 座達到此里程碑的新式歐洲壓水式反應爐（EPR）。台山 1 號機在 2018 年 6 月併網，12 月開始商轉，2 號機在併網後也將於今年晚些時間加入商轉的行列。法國法瑪通（Framatome，原亞瑞華核電部門）對此表示：「台山 2 號成功連接到電網，是對我們就商業運轉 EPR 專業技術的認可。」

台山核電廠是由中國廣核集團與法國電力公司（EDF）聯合成立的廣東台山核電合營公司負責建設與營運，台山 1、2 號機組的建設工程分別於 2009 與 2010 年開始，這兩部機組也是全球第 3、4 部開始興建的 EPR，首兩座為芬蘭歐基盧歐托核電廠（Olkiluoto）3 號機以及法國的弗拉芒維爾核電廠（Flamanville）3 號機，分別於 2005 年、2007 年開始建設工程，這兩部 EPR 目前均面臨到時程落後與超出預算的困境。

台山 2 號機的燃料裝載工作已於 5 月時完成，反應爐也於之後達到臨界。歐基盧歐托 3 號機預計也將於未來數個月裝載燃料至爐心，預計可於 2020 年開始發電；弗拉芒維爾 3 號機的燃料裝載作業原預計將在今年底開始，但法國電力公司在稍早時宣布，由於機組主要迴路出現問題需要維修，啟用時間將延遲至 2022 年底。

Nuclear Engineering International, 07/02/2019

### 國際原子能總署總幹事過世

屬於聯合國專門機構之一的國際原子能總署（IAEA），於今（2019）年 7 月 22 日發表聲明：總幹事天野之彌於本月 18 日於 IAEA 總部所在地維也納過世，享壽 72 歲。來自日本的天野自 2009 年起擔任 IAEA 總幹事的職位，為首位擔任該職缺的亞洲人，在任期間致力於參與 2011 年日本福島事故的後續處理工作與伊朗核子協議談判，以及推動核電廠安全與朝鮮半島無核化等議題。

天野在 2017 年開始他第三屆 IAEA 總幹事任期，任期至 2021 年 11 月到期，但天野因為健康因素原欲於 2020 年 3 月提前卸任，並將於本週正式通知 IAEA 理事會，以便 35 個成員國代表能有時間選出下任總幹事。IAEA 理事會在聲明中透露了天野部分辭職信的內容：「得益於各成員國的支持與全體工作人員的努力，在過去 10 年間 IAEA 在實現『原子能和平應用』的目標獲得了具體的成果，對達到這項成就我感到非常地驕傲，也很感謝成員國與 IAEA 的職員。」

聯合國秘書長古特雷斯（António Guterres）也透過社交媒體發表聲明，對天野去世的消息「深感悲痛」，也提到天野對原子能和平應用的傑出貢獻，面對全球核子武器與核不擴散領域一系列的挑戰，天野意志堅定，同時通過將核子技術應用在醫療、農業與其他領域，增進了人類福祉，堪稱 IAEA 領導的典範，對天野做出的貢獻表達了感謝。

United Nation News, 07/22/2019



## 國內新聞

### 核二廠燃料池改建工程 安全符合國際標準

台電公司基於電廠持續運轉考量，並參考國際案例，於 2016 年提出「核二廠燃料廠房三樓裝載池設備修改及安裝工作」申請案，將裝載池改裝成儲存用過燃料，該申請案並已包含後續裝載池的復原規劃。原能會邀集會內外專家組成專案審查小組，進行嚴格審查，在確認符合各相關安全要求後同意此申請案。

據瞭解，核二廠上燃料池本身已符合耐震、冷卻等用過燃料池的設計安全要求，且平常若機組於大修停機填換燃料時，即在此放置用過燃料，將用過燃料先移至核二廠上燃料池貯放並無核安風險提高之疑慮，也為核二廠未來除役時，將用過燃料裝入護箱後移至乾貯場貯存，預做準備。

本刊訊，2019/6/13

### 核一廠獲得除役許可 正式邁入除役階段

台電核一廠 7 月 12 日獲原能會核發除役許可，2 部機組歷經 40 年發電運轉，將隨著 2 號機運轉執照於 7 月 15 日屆滿後正式退役，成為全台首座邁入除役的核電廠。台電表示，核一廠累積發電近 3,400 億度，40 年間每年平均提供超過 200 萬家戶年用電量，對於台灣民生經濟發展的貢獻舉足輕重。進入除役階段後，預計 8 月

起陸續拆除廠內鐵塔與氣渦輪發電機組，目前還需要地方政府協助用過核燃料乾貯設施啟用，以利反應爐心燃料移出，如期進行後續除役主要工作。

核一廠為我國十大建設之一，也是首座核電廠，協助國家因應 1970 年代石油危機造成的經濟衝擊，進而帶動台灣經濟發展以及工業全面升級。核一廠兩部機組裝置容量都是 63.6 萬瓩，分別於 1971、1972 年取得建廠許可，1978 年 12 月與 1979 年 7 月正式運轉。核一廠除役計畫在通過原能會、環保署審查後，正式獲發除役許可，也象徵 25 年除役工作正式啟動。

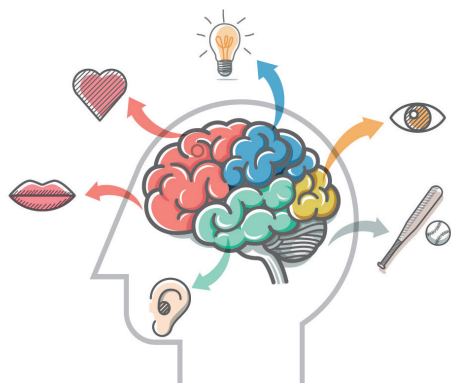
本刊訊，2019/7/12



核一廠建廠時期照片



核一廠現況



## 什麼是放射性與輻射？（十五）

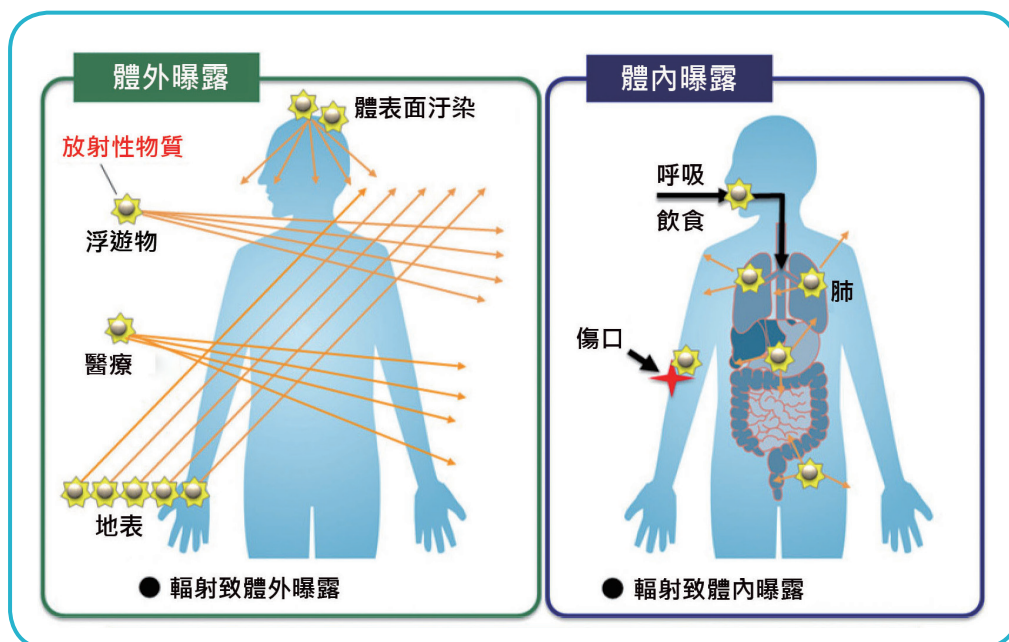
譯 朱鐵吉

### Q 輻射曝露的途徑有哪些？

A 地表上的放射性物質懸浮在空氣中，或是附著在衣服和身體表面，受到這種輻射的照射，就稱為「體外曝露」。

而「體內曝露」有下列 4 種來源：

1. 經由飲食使放射性物質進入體內。

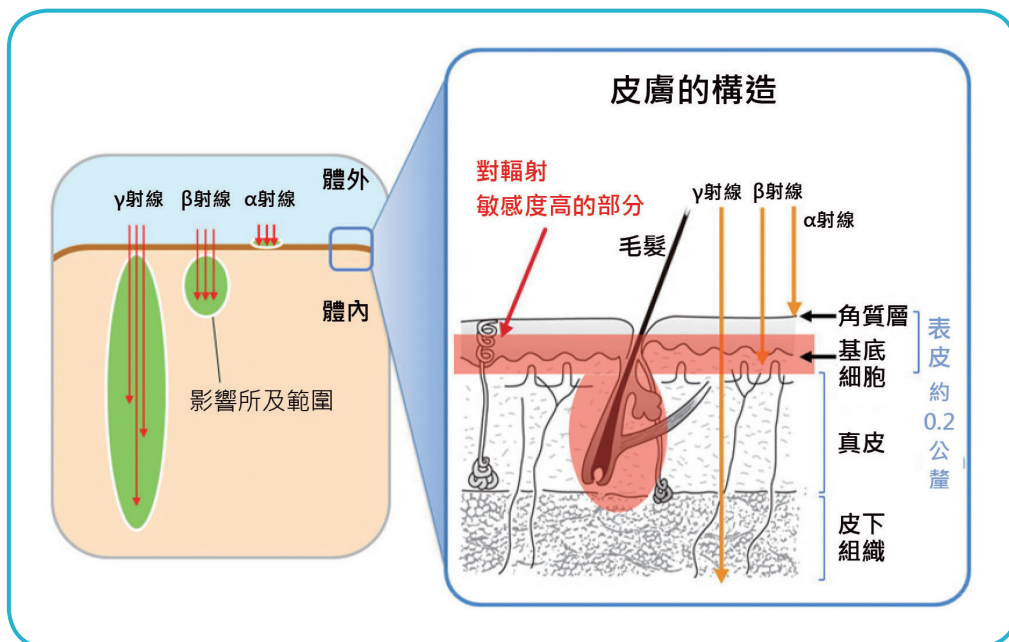


2. 經由呼吸將空氣中的放射性物質吸入體內。
3. 放射性物質經由皮膚吸收。
4. 放射性物質經由傷口進入體內。

放射性物質進入人體內時，會隨著排泄物一起排出體外。放射性也會隨著時間越來越衰減，人體體內的輻射就越來越少。體外曝露與體內曝露不相同之處，在於放射性物質是在人體外部還是內部，但是都會造成輻射曝露。

## Q 體外曝露對皮膚的影響如何？

A  $\alpha$  射線的穿透力微弱，穿透到表皮就停止，因此對皮膚影響不大。放射性物質放出大量  $\beta$  射線並長時間停留在體表上時，就會影響到皮膚的基底細胞和髮根細胞，使皮膚發紅而產生紅斑、脫髮等現象，但要達到這種程度的輻射曝露是非常罕見的，因此，體外曝露時需要擔心的主要是會釋放  $\gamma$  射線的放射性物質。





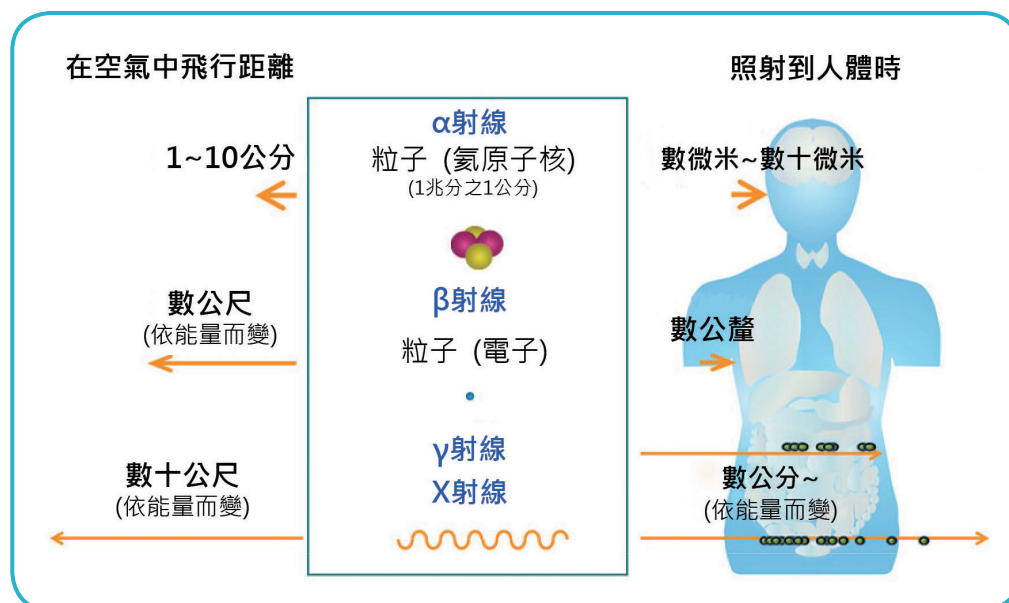
## Q 輻射會在體內移動嗎？

A 輻射因種類不同，對人體和空氣的穿透力各有不同。因此， $\alpha$  射線、 $\beta$  射線、 $\gamma$  射線對體外曝露和體內曝露的影響也各有不同。

$\alpha$  射線在空氣中射程僅數公分而已，一張紙就足以阻擋下來。體外曝露只能到達皮膚表面的角質層，影響有限。但若是體內曝露，接觸到  $\alpha$  射線周圍的細胞都會受到  $\alpha$  射線的照射。

$\beta$  射線在空氣中的射程有數公尺，因此離開射源較長距離的話就不會受到  $\beta$  射線的影響。身體表面受到  $\beta$  射線照射時只能穿透到皮下組織，進入體內所影響的範圍在周圍數公釐之內。

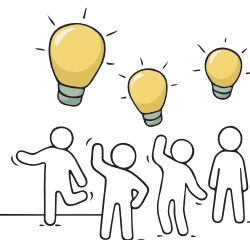
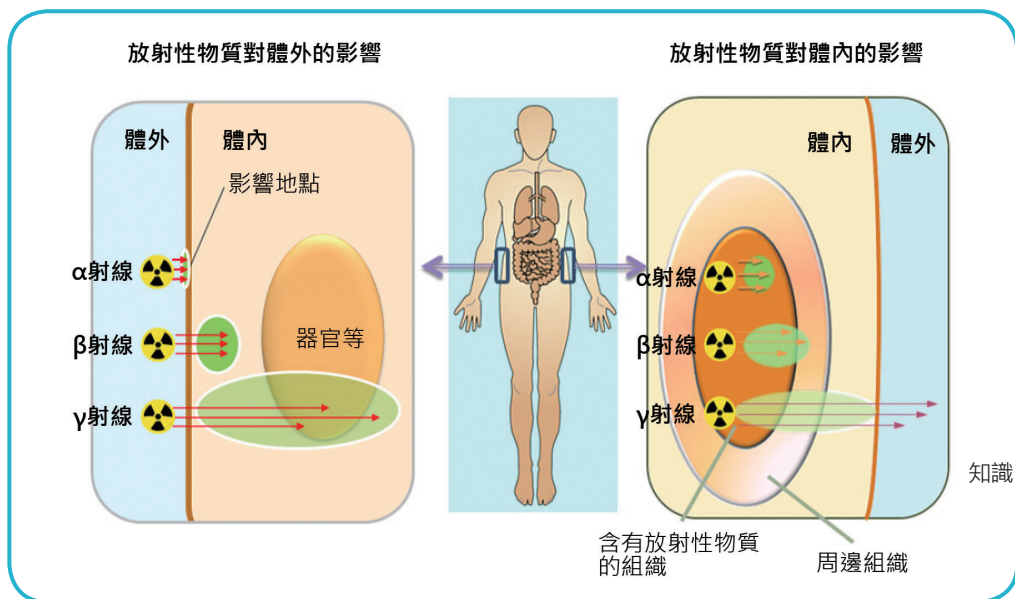
x 射線、 $\gamma$  射線的穿透力很強，在空氣中的射程可從數十公尺到數百公尺，接觸到身體時會穿透至體內深處。我們做健康檢查時，x 射線容易通過的部分（如肺臟等）會在 x 光底片上呈黑色，不容易通過的部分（如骨頭等）則呈現白色。



## Q 輻射的穿透力對人體的影響範圍是如何？

A 體外曝露受到  $\alpha$  射線照射時，僅止於體表的角質層，穿透距離僅數十微米），幾乎沒有影響； $\beta$  射線通過皮膚時，穿透距離僅數毫米，如果劑量相當高時，可能產生局部灼傷但不會達到體內深處； $\gamma$  射線則能穿透到體內深處到達各器官，因此體外曝露要注意的就是  $\gamma$  射線。

另一方面，體內曝露時，放射性物質在體內放出  $\alpha$  射線、 $\beta$  射線、 $\gamma$  射線都會對體內細胞產生影響。考慮到  $\alpha$  射線的射程距離，對組織的影響雖然只有局部，但對生物的影響卻非常強，因此必須特別注意體內曝露。 $\gamma$  射線射程長，可能會對全身產生影響，此外，如鈾及鈾等不同類型的放射性物質，除了體內曝露外還有金屬毒性的問題。



# VR新體驗

災防有意思

你知道核子事故發生時，待在家裡比到處亂跑安全嗎？  
該怎麼才能保護你我！透過VR技術，邀你走入**虛擬世界**，身歷核子事故的家中場景。  
更多災防資訊可下載「全民原能會」APP！



起點

## 事故警報要認好

事故發生警報：響一秒，停一秒，重複二十五次，持續五十秒，接續進行語音廣播。  
事故解除警報：長音五十秒，接續進行語音廣播。



好的開始  
加油！



從電視  
獲得資訊  
(前進1格)

## 輻射不要來

避免和輻射接觸的小秘訣：

- 不要外出。
- 緊閉門窗。
- 空調轉為室內循環模式。

## 我們需要 知道你怎麼了

最後，別忘了在窗戶上貼上“我正在掩蔽”的指示牌，讓救災人員知道你的情況。

我已  
被通知  
進行掩蔽

就差  
一步！

室外的食物  
和水不碰

全民原能會



## 緊急避難包 你準備好了嗎？

整理好必備物品後，災防包請置於家中隨手可拿之處，物品也別忘了隨時檢查更新喔！



輻務小站



行政院原子能委員會